



# Mätning av muskelomfång med måttband

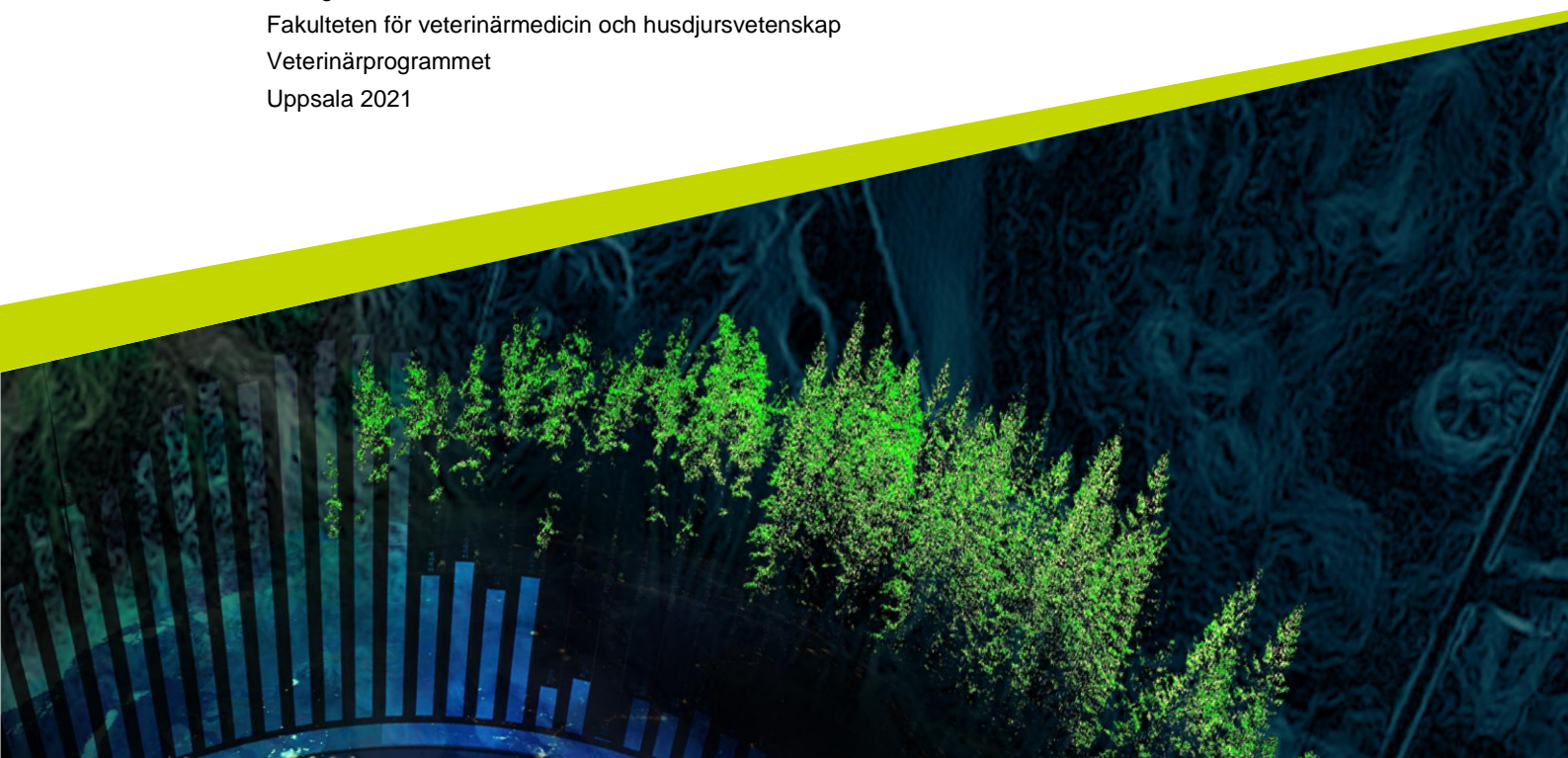
– en reliabilitetsstudie på häst

---

*Measuring muscle circumference using measuring tape - a reliability study in horses*

Natascha Jansson

Självständigt arbete • 30 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Veterinärprogrammet  
Uppsala 2021





# Mätning av muskelomfång med måttband – en reliabilitetsstudie på häst

*Measuring muscle circumference using measuring tape - a reliability study in horses*

Natascha Jansson

**Handledare:** Anna Bergh, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper  
**Bitr. handledare:** Axel Wallman, Legitimerad veterinär, Mälaren Hästklirik AB  
**Bitr. handledare:** Quentin Pleyers, Legitimerad veterinär, Pleyers Veterinär AB  
**Examinator:** Elin Hernlund, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi & Universitetsdjursjukhuset

**Omfattning:** 30 hp  
**Nivå och fördjupning:** A2E  
**Kurstitel:** Självständigt arbete i veterinärmedicin  
**Kurskod:** EX0869  
**Program/utbildning:** Veterinärprogrammet  
**Kursansvarig inst.:** Institutionen för kliniska vetenskaper

**Utgivningsort:** Uppsala  
**Utgivningsår:** 2021

**Nyckelord:** häst, muskel, omfångsmätning, måttband, rehabilitering

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för kliniska vetenskaper

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

## Sammanfattning

Idag finns det inget enkelt och objektivet sätt att bedöma muskelstyrka på häst. Antingen behöver bedömningen ske subjektivt med hjälp av palpation, genom analys av muskelbiopsier eller genom användning av icke-validerade metoder med diagnostiskt ultraljud. Detta försvårar uppföljning av såväl behandling som träning. Syftet med denna studie är att förbättra möjligheten att objektivet utvärdera muskelomfång hos häst, något som är viktigt vid såväl rehabilitering som träning av muskulatur. Att mäta muskelomfång är relevant då omfånget av muskulaturen korrelerar med muskelstyrkan. En ansats görs att med hjälp av studien besvara flertalet frågeställningar. Repeterbarheten hos metoden utvärderas, alltså hur tillförlitligt en observatör kan göra upprepade mätningar. Även reproducerbarhet studeras, vilket kan förklaras som huruvida olika observatörer kan utföra mätningar med samma resultat.

I en experimentell studie genomfördes muskelomfångsmätningar med måttband på elva hästar. Mätningarna gjordes distalt om armbågen samt proximalt respektive distalt om knäleden. Totala omfång samt semi-omfång (böjar- respektive sträckarmuskler på framben och distala bakben och den laterala respektive mediala sidan av benet proximalt om knäleden) uppmättes. För att utvärdera repeterbarheten och reproducerbarheten hos metoden för de olika omfångsmåtten beräknades intraklass korrelationskoefficienter (ICC) utifrån intra- respektive inter-observatörvarians.

Repeaterbarheten skattades som minst bra för samtliga muskelomfångsmått. Dessutom, för alla tre totala omfångsmått på distala bakbenet samt total omkrets och semi-omkrets för böjarmuskler på frambenet skattades intra-observatör-ICC som utmärkt. Reproducerbarheten skattades som bra för totalt omfång hos bakbenet både distalt och proximalt. För totalt omfång hos frambenet, frambenets semi-omkrets för böjarmuskler samt bakbenets proximala semi-omkrets lateralt var reproducerbarheten måttlig, även om reproducerbarheten för det totala omfånget hos frambenet var nära gränsen till bra. Reproducerbarheten för resterande omfångsmått betraktades som dålig.

En slutsats utifrån resultaten från den här studien var att om samma observatör gjorde upprepade mätningar så var tillförlitligheten god till utmärkt för alla omfångsmått som undersöktes. Däremot om olika observatörer mätte samma sak så skilde sig resultatet mer för alla omfångsmåtten. För de totala omfångsmåtten, framförallt på bakbenet, var mätningar från olika observatörer mer samstämmiga än för övriga omfångsmått. Sammanfattningsvis bör samma observatör utföra mätningarna vid mätning av muskelomfång på häst, samt ett måttband med dynamometer användas. Denna studie ska dock främst ses som ett steg mot en validerad metod för muskelomfångsmätning på häst.

*Nyckelord:* häst, muskel, muskelomfångsmätning, måttband, rehabilitering

## Abstract

As of today, there is no easy and objective way to evaluate muscle strength in horses. The evaluation must either be carried out subjectively by palpation, through analysis of muscle biopsies or by using non-validated procedures with diagnostic ultrasound. The aim of this study was to enhance the possibility to objectively evaluate muscle circumference in horses, which is important for rehabilitation purposes as well as for training of muscles. To measure muscle circumference is relevant since the muscle circumference correlate to the muscle strength. An effort was made to answer several questions; the repeatability of the method was evaluated, i.e., with what reliability can one and the same observer perform repeated measurements. Additionally, the reproducibility was studied concerning to what extent different observers can execute measurements with the same result.

In an experimental study, muscle circumference measurements using a measuring tape was carried out on eleven horses. The measurements were performed distal to the elbow as well as proximal and distal to the stifle. Total circumferences and semi-circumferences (extensor and flexor muscles of the front leg and the distal hind leg and the lateral and medial side of the leg proximal to the stifle) were measured. To evaluate repeatability and reproducibility of the method for the different circumference measures intraclass correlation coefficients (ICC) were calculated for intra-observer variability as well as inter-observer variability.

The repeatability was regarded to be at least good for all circumference measurements. In addition, for all three total circumference measurements the repeatability was excellent. The reproducibility was judged as good for the total circumference of the hind leg both distally and proximally. For the total circumference of the front leg, the semi-circumference of the flexor muscles of the front leg and the hind proximal lateral semi-circumference the reproducibility was moderate, although the reproducibility for the total circumference of the front leg was approaching the level “good”. The reproducibility of the remaining circumference measures was considered poor.

One conclusion from the results of this study was that if the same observer was making repeated observations the reliability was good to excellent for all of the circumference measurements which were evaluated. However, if different observers were measuring the same thing the results differed substantially more for all of the circumference measures. For the total circumference measures, in particular on the hind leg, the observations from different observers agreed better than for the semi-circumferences. In summary, when measuring muscle circumference in horses the same observer should perform the measurements, and a measuring tape with a dynamometer should be used. This study should primarily be considered a step towards the goal of establishing a validated method for muscle circumference measurements in horses.

*Keywords:* horse, muscle, muscle circumference measurement, measurement tape, rehabilitation

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning.....</b>	<b>9</b>
<b>2. Litteraturoversikt .....</b>	<b>11</b>
2.1. Rörelseapparatens fysiologi .....	11
2.1.1. Skelett, leder och ligament .....	11
2.1.2. Muskler och senor.....	12
2.2. Anatomi.....	13
2.2.1. Framben.....	13
2.2.2. Bakben.....	14
2.3. Skador som ger upphov till förlorad muskelstyrka .....	16
2.3.1. Rehabilitering av häst efter ortopediska skador .....	18
2.4. Utvärdering av muskelfunktion .....	19
<b>3. Material och metoder .....</b>	<b>22</b>
3.1. Hästar .....	22
3.2. Observatörer.....	22
3.3. Mätutrustning .....	22
3.4. Genomförande.....	23
3.4.1. Framben.....	23
3.4.2. Bakben .....	24
3.5. Statistisk analys .....	26
3.5.1. Repeterbarhet .....	26
3.5.2. Reproducerbarhet.....	26
<b>4. Resultat.....</b>	<b>27</b>
4.1.1. Studiepopulation .....	27
4.2. Deskriptiv statistik.....	27
4.3. Reliabilitet .....	32
4.4. Extremvärden .....	33
<b>5. Diskussion.....</b>	<b>34</b>
5.1. Felkällor .....	35
5.2. Konklusion .....	37
<b>Referenser.....</b>	<b>39</b>

<b>Tack .....</b>	<b>43</b>
<b>Populärvetenskaplig sammanfattning .....</b>	<b>44</b>
<b>Bilaga 1 – Protokoll muskelomfångsmätning .....</b>	<b>45</b>
<b>Bilaga 2 – Bensegmentlängder och ledvinklar .....</b>	<b>48</b>



# 1. Inledning

Det finns flera anledningar till att det är viktigt att kunna följa muskelutveckling hos hästar. Ur en forskningssynpunkt är det av intresse att kunna utvärdera effekten av olika tränings- och rehabiliteringsprogram på ett objektivet och kvantitativt sätt. Om ett visst träningsprogram ska rekommenderas med motiveringen att det effektivt bygger styrka är det fördelaktigt om detta har kunnat utvärderas i studier.

Även för den individuella hästen kan det vara av vikt att kunna följa muskelutvecklingen. Kliniska scenarion då det kan finnas ett behov av att bygga muskelstyrka är många. Efter en skada kan det finnas behov av rehabilitering, vilket kan inkludera att återupprätta styrka, möjligen med särskilt fokus på muskler som stabiliseras vissa leder. Ökad muskelstyrka kan också vara en förutsättning för förbättrad prestation eller för att förbygga skador. Vidare kan det vara viktigt att kunna kvantifiera oliksidighet i muskelansättning och följa detta.

En utmaning när det gäller att mäta muskelstyrka på ett objektivet sätt hos djur är att det är svårt att enkelt anpassa funktionstester av den typ som används för människor till djur. För att utvärdera muskelstyrka hos en människas bröstmuskulatur går det till exempel testa hur mycket vikt personen kan lyfta i så kallad bänkpress. Detta kräver dock kommunikation på ett sätt som är svårt att åstadkomma med ett djur. Därutöver är resultat från sådana tester även beroende av teknik, erfarenhet och mental inställning hos den utförande, vilket gör testet mindre tillförlitligt. För att komma förbi dessa problem utnyttjas faktumet att styrkan hos en enskild muskel korrelerar till fysiologisk tvärsnittarea hos samma muskel. Att mäta muskelomfång kan vara ett indirekt sätt att mäta muskelarea och således muskelstyrka. Det är då viktigt att veta att fysiologisk tvärsnittarea ej är samma som plan tvärsnittsarea. Det är även värt att notera att formen hos ett tvärsnitt måste antas för att en beräkning av tvärsnittsarea utifrån en uppmätt omkrets ska vara möjlig.

En användbar metod för utvärdering av muskelstyrka behöver vara bra ur flera avseenden så som tidsåtgång, kostnadseffektivitet, repeterbarhet, sannhet och invasivitet. Mätning av ett muskelomfång med måttband är snabbt, billigt och icke-invasivt. Validerade metoder finns på humansidan för att utvärdera muskelstyrka hos lår- och halsmuskulatur med hjälp av omfångsmätningar. För hundar har muskelomfångsmätningar studerats med avseende på intra- och inter-reliabilitet. Sådana mätmetoder är ej verifierade för användning på häst. Det finns uppenbara skillnader mellan

människa, hund och häst såsom form på lår, storlek hos individen, samt möjlighet att manipulera ledvinklar med mera.

Syftet med den här studien var att ta ett steg mot att validera muskelomfångsmätning på häst som en metod att utvärdera muskelstyrka. Med en experimentell studiedesign genomfördes muskelomfångsmätningar med måttband på hästar. Mätningarna gjordes distalt om armbågen samt proximalt respektive distalt om knäleden. Totala omfång samt semi-omfång (böjar- respektive sträckarmuskler på framben och distala bakben och den laterala respektive mediala sidan av benet proximalt om knäleden) utvärderades. En ansats gjordes att med hjälp att studien besvara flertalet frågeställningar. Repeterbarheten hos metoden utvärderades, alltså hur tillförlitligt en observatör kan göra upprepade mätningar. Även reproducerbarhet studerades, vilket kan förklaras som huruvida olika observatörer kan utföra mätningar med samma resultat.

## 2. Litteraturöversikt

Bland de som är intresserade av hästar är det en allmän känd sanning att hästen är en atlet. Trots, eller kanske på grund av detta är hälta den vanligaste skadan hos hästar (Agria 2017). Därför är det viktigt att kunna behandla skador i hästens rörelseapparat och rehabilitera hästen efter en skada. Det är även av vikt att träna hästen inför en fysiskt påfrestande uppgift för att förebygga skador. Om en rehabiliterings- eller träningsmetod har som syfte att stärka hästen måste det vara möjligt att utvärdera detta på ett tillförlitligt sätt. Idag råder det brist på enkla och validerade metoder för att utvärdera muskelstyrka hos häst.

### 2.1. Rörelseapparatens fysiologi

Här ges en kort genomgång av rörelseapparatens fysiologi. Informationen som ges har avgränsats till det som bedöms vara nödvändigt för att läsaren ska kunna tillgodöra sig resterande delar av litteraturöversikten.

#### 2.1.1. Skelett, leder och ligament

Skelettet har flera funktioner. Det fungerar som en bärande konstruktion för kroppen, ger hävstänger för skapande av rörelse, ger skydd åt inre organ, är en mineral- och fettreserv, samt bidrar till produktionen av blodceller.

Benvävnad består både av organisk och icke-organisk vävnad. Den organiska vävnaden är främst kollagenfibrer, som liksom hos senor och ligament ger dragstyrka till benen. Den icke-organiska delmängden är framförallt kalciumfosfat som ger bra kompressionstyrka.

Skelettet bryts kontinuerligt ner av en typ av celler som heter osteoklaster och byggs upp på nytt av en annan celltyp som benämns osteoblaster. I benvävnaden finns även osteocyter som håller benvävnaden levande, men som inte bygger ny benvävnad. Att benvävnaden hela tiden förnyas möjliggör frakturläkning, samt att benvävnad anpassar sig efter belastning med att bilda kompaktare ben.

Leder har som funktion att möjliggöra rörelse mellan olika skelettdelar utan att de glider isär. Uppbyggnaden av leder kan delas upp i synoviala leder, fibrösa leder och broskleder. Den vanligaste typen av led är en synovialled. De skelettdelar som

angränsar mot leden i en synovialled täcks av ledbrosk. Vidare omges en synovialled av en ledkapsel och den innehåller ledvätska med hög viskositet vilket tillåter nästintill friktionslös rörelse i leden. Lederna har olika utformning vilket möjliggör olika typer och spann av rörelse i olika leder.

En ledkapsel består till sitt yttre skikt av fibrös vävnad som när den sträcks ut stabiliserar leden. För att ytterligare stabilisera leder finns ligament kring, och i vissa fall i, leden. Ligament är starka fibrösa band som begränsar ledens rörelseomfång i vissa frihetsgrader.

### 2.1.2. Muskler och senor

Det finns grovt uppdelat tre typer av muskler, skelettmuskulatur, hjärtmuskulatur och glatt muskulatur. Glatt muskulatur finns i många inre organ, bland annat i digestionsapparaten där den glatta muskulaturen ansvarar för att blanda och föra innehållet hela vägen från svalget till rektum. Gemensamt för alla typer av muskulatur är att kraft genereras genom att kontraktion sker i muskelcellerna.

Skelettmuskulatur består av olika typer av muskelfibrer (Sjaastad *et al.* 2010). Det finns muskelfibrer som kontraherar långsamt och som endast kan producera energi aerobt, dessa är har hög uthållighet och återfinns framförallt i muskulatur som ansvarar för kroppshållningen. De snabbaste muskelfibrerna producerar energi anaerobt, har låg uthållighet och utför mer explosiva rörelser såsom att producera kraften för ett hopp. Det finns även en intermediär muskelfibertyp med medelhög uthållighet och kontraktionshastighet. I en studie av Kawai *et al.* (2009) har andelen av de olika muskelfibertyperna kartlagts för 46 olika muskler hos fullblodshästen.

Generellt påverkas muskler på två olika sätt av träning (Sjaastad *et al.* 2010). Vid träning vid en lägre intensitet under en längre tid ökar framförallt antalet mitokondrier i muskelcellerna samt antalet blodkapillärer kring muskelcellerna. Detta leder till att musklerna kan arbeta längre perioder utan utmattning. Däremot vid kortvarig träning med en intensitet nära maximal styrka stimuleras bildandet av fler myofilament i cellen. Myofilament består av proteinerna actin och myosin och är det som bygger upp sarcomererna i muskelcellen. När detta sker ökar cellens tvärsnittarea och samtidigt den maximala kontraktionskraft som cellen kan generera.

Den kraft som en muskel kan generera är produkten av muskelns fysiologiska tvärsnittsarea och den maximala isometriska spänningen i muskeln (Crook *et al.* 2008). För skelettmuskulatur kan den maximala isometriska spänningen antas vara 0,3 MPa. Den fysiologiska tvärsnittsarean är tvärsnittsarean som går vinkelrätt mot fiberriktningen i muskeln. För en muskel med fibrerna i samma riktning som muskelns längdriktning är den fysiologiska tvärsnittsarean samma som den fysiologiska, men för pennata muskler måste hänsyn tas till pennationsvinkeln för att räkna ut den fysiologiska tvärsnittsarean (Narici 1999). För pennata muskler verkar en mindre andel av den genererade kraften i muskelns längdriktning och muskeln kan

inte ge upphov till lika snabba och stora rörelser som parallella muskler. Dock ökar den genererade kraften för pennata muskler i och med att den fysiologiska tvärsnittsarean är större än den anatomiska tvärsnittsarean.

Faktisk muskelstyrka hänger också samman med den motoriska kontrollen, det vill säga hur väl individen med sin neurogena styrning kan få muskelfibrerna att kontrahera. De motornervceller som styr skelettmuskulaturen kopplar samman med olika många muskelfibrer beroende på den uppgift som muskeln har (Sjaastad *et al.* 2010). Är muskeln mer finmotorisk rör det sig om ner till 2-3 muskelfibrer per nervcell medan för en mer styrkebetingad muskel kan upp till flera tusen muskelfibrer styras av samma nervcell. Varje nervcell och de muskelfibrer som den styr kallas för en muskelenhet. När en muskel kontraherar rekryteras i regel först de mindre muskelenheterna och allt eftersom styrkan i kontraktionen ökar så rekryteras fler och större muskelenheter (Purves & Williams 2001). Vid kortvarig styrketräning (endast ett par veckor) ökar en muskels styrka utan att dess tvärsnittsarea ökar (Akima *et al.* 1999). Den förändring som ses i muskelstyrka anses bero på neurogen adaption. Det har visats att kortvarig styrketräning sänker tröskelkraften som krävs för att rekrytera muskelenheter och ökar frekvensen med vilken nervcellerna signalerar till muskeln att kontrahera under en kontraktion (Del Vecchio *et al.* 2019).

Muskler hänger samman med skelettet via senor. Senor liknar till innehåll och uppbyggnad ligament. Det finns obrutna stråk av kollagenfibrer från bindvävshinnor i en muskel via muskelns sena som anknyter till skelettet. Det är på detta vis muskler kan generera stora krafter utan att hållfastheten i rörelseapparaten blir begränsad.

## 2.2. Anatomi

För att läsaren ska kunna tillgodogöra sig betydelsen av resultaten från denna studie ges här en övergripande och förenklad beskrivning av relevant anatomi hos hästens extremiteter. Läsaren hänvisas till litteraturen för en mer detaljerad redogörelse av anatomin. Som underlag har här flertal veterinärmedicinska anatomiatlaser används (Ashdown *et al.* 2011; König *et al.* 2014; Denoix 2019). Olika källor kompletterar varandra väl, då de varierar i detaljgrad samt hur väl musklernas funktion beskrivs. Det bör noteras att olika författare delvis använder olika anatomiska benämningar på samma strukturer.

### 2.2.1. Framben

Det tvärsnitt hos underarmen som har studerats för denna studie inkluderar förutom själva underarmsbenet (*os radius*) även hud, nerver, kärl, bindväv, fett och flertalet

muskler. De muskler som sträcker lederna distalt om underarmen är placerade kranialt till kranio-lateralt på underarmen. Dessa är:

- karpalsträckaren (*m. extensor carpi radialis*)
- långa tåsträckaren (*m. extensor digitorum communis*)
- sidliga tåsträckaren (*m. extensor digitorum lateralis*)

Muskler som böjer lederna distalt om underarmen återfinns kaudalt till kaudo-medialt på underarmen. Häri ingår:

- karpalböjarna (*m. flexor carpi radialis*, *m. flexor carpi ulnaris* och *m. ulnaris lateralis*)
- djupa tåböjaren (*m. flexor digitorum profundus*)
- ytliga tåböjaren (*m. flexor digitorum superficialis*)

Därutöver ingår i tvärsnittet även *lacertus fibrosus* som är en fibrös vävnad från den tvåhövade överarmsmuskeln (*m. biceps brachii*) som fuserar med karpalsträckarens sena. Slutligen angränsar en del av bröstmuskulaturen (*m. pectoralis transversus*) till tvärsnittet.



Figur 1. Framben på hästar som ingick i studien. Pälsen klippt över mätområdet.

### 2.2.2. Bakben

För bakbenet har två tvärsnitt studerats. Liksom för underarmen på innefattar tvärsnittet skelett, hud, nerver, kärl, bindväv, fett och flertalet muskler. Det proximala tvärsnittet kring lårbenet (*os femur*) inkluderar muskler kranialt på låret som sträcker knäleden:

- quadricepsmuskelgruppen (*m. rectus femoris*, *m. vastus lateralis*, *m. vastus intermedius*, *m. vastus medialis*)

Kaudalt om lårbenet finns muskler som böjer knäleden:

- hamstringsmuskelgruppen (*m. biceps femoris*, *m. semitendinosus*, *m. semimembranosus*)
- ytliga vadmuskeln (*m. gastrocnemius*)

I den mediala delen av tvärsnittet finns ytterligare muskler (*m. adductor*, *m. sartorius*, *m. gracilis*) som utför adduktion i höftleden.

Tvärsnittet som omger skankbenet (*os tibia*) inbegriper muskler som sträcker de distala lederna och böjer haslederna lokaliserade kranialt till kraniolateralt:

- långa tåsträckaren (*m. extensor digitorum longus*)
- sidliga tåsträckaren (*m. extensor digitorum lateralis*)
- hasböjaren (*m. tibialis cranialis*)

Kraniolateralt om skankbenet återfinns en fibrös vävnad (*m. fibularis tertius*, kallas även *peroneus tertius*) som hos häst är en senomvandlad muskel. Dess funktion är att sammankoppla böjning och stäckning i has- och knäled så att om hasen sträcks måste knäleden sträckas och om knäleden böjs måste hasleden också böjas.

Kaudalt till kaudomedialt om skankbenet finns muskler som böjer lederna distalt om hasen samt sträcker i hasleden. Dessa är:

- ytliga vadmuskeln (*m. gastrocnemius*)
- hassträckaren (*m. tibialis caudalis*)
- djupa tåböjaren (*m. flexor digitorum profundus*)
- ytliga tåböjaren (*m. flexor digitorum superficialis*)

Djupa tåböjaren består för bakbenet av ett flertal muskler med egna namn. I området finns även senor från delar av hamstringsmuskelgruppen (*m. biceps femoris*, *m. semitendinosus*) som distalt om tvärsnittet bildar akillessenan tillsammans med senor från hassträckarmuskulaturen.



Figur 2. Bakben på hästar som ingick i studien. Pälsen klippt över mätområdet.

### 2.3. Skador som ger upphov till förlorad muskelstyrka

Inledningsvis bör det noteras att alla anledningar till långvarig vila kan ge upphov till mer generell förlorad muskelstyrka. Även neurologiska sjukdomar kan leda till muskelatrofi. En uppkommen muskuloskeletal skada ger också med tiden sannolikt upphov till försämrad muskelstyrka då individen på grund av smärta ej belastar en inflammerad led normalt och därmed ej använder kringliggande muskler på ett normalt sätt. Vidare så kan en skada i en del av kroppen ge upphov till ett förändrat rörelse- och belastningsmönster som ger förlorad styrka i en annan del av kroppen. Det kan också i vissa fall diskuteras kring vad som är orsak och verkan när det gäller undermålig muskelstyrka och skador på rörelseapparaten. Låg muskelstyrka kan öka risken för bland annat ledinflammationer då lederna tvingas absorbera en större andel av krafterna associerats med rörelse jämfört med när musklerna kan stabilisera och absorbera mer kraft. I en studie på människor med lågradig inflammation i knäleder har en kraftigare stöt jämfört med kontrollgruppen påvisats vid markkontakten i varje löpsteg (Radin *et al.* 1991). Den friska gruppen i studien av Radin *et al.* använde sin muskulatur för att reglera fotisättningen på ett skonsammare sätt. Gällande senskador på häst är det känt att risken för skada ökar när hästen är muskulärt utmattad (Evans & Barbenel 1975), vilket lättare kan undvikas för en mer vältränad individ.



Generellt kan exempel på skador i rörelseapparaten vara många. Skelettet kan bland annat drabbas av frakturer, fissurer och inflammation. I mjukdelarna (leder, ligament, senor och muskler) är det vanligare med inflammationer. Även totala eller partiella rupturer av muskler, senor och leder i samband med en överbelastning eller yttre trauma förekommer.

Muskelinflammationer kan vara orsakade av överansträngning, yttre trauma, översträckning eller en infektion. Dessutom finns det olika genetiskt nedärvda defekter i muskelfunktion samt förgiftningar som kan leda till sönderfall hos muskelceller.

Bara för knäleden finns en uppsjö av mer specifika skador och sjukdomar som är relativt ofta förekommande. Skador i knäleden kan kräva rehabilitering som inkluderar att stärka quadricepsmuskeln. Detta är en av de muskelgrupper som är av intresse för denna studie. För bättre överblick presenteras här flera exempel på sjukdomstillstånd i och kring knäleden i listform (Ross & Dyson 2011):

- Femoropatellarleden
  - Osteokondros - felaktig omvandling av brosk till benvävnad under skelettets tillväxt har en predisposition för att ske vid lårbenets (*os femur*) laterala trochlea.
  - Patellaupphakning - att knäskålen (*os patella*) fixeras över lårbenets mediala trochlea utan att hästen med vilja kan frigöra den sker oftare för unga, otränade hästar.
  - Fragmenterad patella - en komplikation efter kirurgisk dissektion av det mediala patellarligamentet (alternativ behandling av patellaupphakning) eller en komplikation till patellaupphakning. Små fragment ses radiologiskt distalt om patella.
  - Patellaluxation - kan ha genetisk orsak hos föl eller traumatisk bakgrund hos vuxna hästar.
  - Artrit och osteoartrit - trauma eller någon av de ovan listade problemen kan leda till ledinflammation (artrit) eller till om med degenerativ ledsjukdom (osteoartrit) i femoropatellarleden.
  - Skada på något av patellas tre raka band - vanligast hos hopphästar och ses oftast på det mellersta bandet femoropatellarleden.
- Femorotibialleden - egentligen en medial och lateral ledavdelning
  - Subchondral cystlik lesion - det finns en predisposition för detta vid den mediala femurkondylen.
  - Skada på en menisk eller ett meniskligament - ses oftare på den mediala menisken och det kraniala meniskligamentet är oftast även involverat.

- Främre eller bakre korsbandsskada - en främre korsbandsskada är vanligast och kan ske i samband med ett trauma, hyperextension eller plötslig rotation. Korsbandsskada kan också föregås av degeneration av ligamentet.
- Skada på kollateralligament - ses oftare på det mediala kollateralligamentet och oftast i samband med ett akut trauma.
- Skada på ledbrosk - kan förekomma ensamt eller i kombination med andra patologiska fynd.
- Artrit och osteoartit - betydligt vanligare i den mediala ledavdelningen jämfört med den laterala.
- Övriga kringliggande strukturer
  - Frakturer involverande lårbenet, patella, skankbenet eller vadbenet.
  - Avulsion av ursprunget till en del av ståapparaten (*peroneus tertius*) och långa tåsträckaren (*m. extensor digitorum longus*) på lårbenet.
  - Skada på ytliga vadmuskeln (*m. gastrocnemius*) ursprung.

### 2.3.1. Rehabilitering av häst efter ortopediska skador

Traditionellt är kontrollerad motion ofta använt i rehabiliteringsprotokoll efter ortopediska skador för häst. För olika typer av skador ges exempel på protokoll gällande kontrollerad motion under rehabilitering i en publikation av Davidson (2016) där den initiala totala boxvilan är längst för skelettskador, men den totala rehabiliteringen tar längst tid för sen- eller ligamentskador. Andra protokoll för motion efter skador på mjukdelsvävnader finns givetvis, till exempel ett av Kaneps (2016). Samma publikation inkluderar även beskrivningar av alternativa behandlingsmetoder av olika slag som ibland används under rehabilitering av mjukdelsskador. Bland annat beskrivs stötvågsbehandling och fördelar med att kyla alternativt värma skadad vävnad. En studie av Mendez-Angulo *et al.* (2014) har visat på att även underlaget bör tas hänsyn till i valet av rehabiliteringsprotokoll, då det påverkar hur hästen rör sig.

Det här arbetet har distal muskulatur i fokus. För det användningsområdet är det svårt att hitta protokoll för rehabilitering av häst. Däremot har protokoll för att stärka ryggens stabiliseringsmuskulatur (*m. multifidus*) utvärderats i olika studier. Stubbs *et al.* (2011) har till exempel utvärderat dynamisk träning av ryggen hos hästar. Studien var utformad så att hästarna arbetade med övningar som sträcker, böjer och sidböjer halsen vid stillastående fem gånger per vecka under tre månader. Resultatet var att ryggens stabiliseringsmuskulatur ökade i tjocklek. I en studie av de Oliveira *et al.* (2015) har liknande övningar tre gånger per vecka under tre månader också visat på en ökad tvärsnittsarea hos ryggens stabiliseringsmuskulatur. I studien av Stubbs *et al.* (2011) saknades kontrollgrupp, medan kontrollgrupp fanns i studien av de Oliveira *et al.* (2015).

Rullmatta används i vissa fall för rehabilitering av häst efter ortopediska skador. Fördelarna med användandet av rullmatta jämfört med till exempel skrittmaskin eller promenader för hand är bland annat bättre kontroll över underlaget och hastigheten (Nankervis *et al.* 2017). Dessutom sker motionen utan att hästen svänger, vilket Nankervis *et al.* (2017) diskuterar som en tänkbar fördel för hästar som rehabiliteras för ryggproblematik. En nackdel med rullmatta är att hoven dras bakåt av bandet vilket diskuteras kunna leda till ökad belastning på djupa böjsenan och hovleden, varför rullmatta bör undvikas vid rehabilitering av skador på dessa strukturer (Buchner *et al.* 1994). Nankervis *et al.* (2017) diskuterar vidare att på grund av att hoven dras bakåt vid motion på rullmatta bör denna användas med försiktighet om alls även för hästar med rak bakbenskonfiguration eller hyperextension i karpus.

Forskning pågår för att visa på effekten av träning av hästar på vattentraskare. I en studie utvärderades böjning och sträckning av bröst- och ländrygg samt bäckens vertikala rörelse vid sådan träning (Nankervis *et al.* 2016). I de beskrivna försöken kunde en skillnad i rörelsemönster konstateras beroende på vattendjup. Baserat på erfarenhet och viss forskning har för- och nackdelar med vattentraskträning av häst beskrivits (Nankervis *et al.* 2017). På grund av att vattentraskträning leder till ökad böjning av de distala lederna diskuterar Nankervis *et al.* (2017) huruvida träningsformen är kontra-indicerad vid hasledsproblematik. För rehabilitering då det är önskvärt att minska den vertikala kraften på hästens extremiteter vid motion kan träning med en vattennivå upp en bit på buken vara fördelaktigt. Till exempel påvisades en bärkraft från vattnet motsvarande en viktreduktion med 50% om vattennivån var i höjd med bogledens plan i en studie av McClintock *et al.* (1987). I publikationen av Nankervis *et al.* (2017) diskuterar författarna att exempel på skador då det skulle kunna vara fördelaktigt att utnyttja bärkraften från vatten på detta sätt är karpal osteoartit och vid igångsättning efter olika typer av frakturer.

## 2.4. Utvärdering av muskelfunktion

Fokus för detta arbete ligger på att beskriva hur muskelomfång hos häst objektivt kan utvärderas och användas som indirekt mått av muskelstyrka. Det är dock värt att notera att i klinisk verksamhet sker utvärdering av rörelseapparatusens funktion hos hästar till stor del som en subjektiv bedömning. Muskelansättning bedöms genom visuell observation samt palpation. Vidare studeras hästen ofta i rörelse och även en ryttares bedömning kan spela in i fallet med en ridhäst. Utvärdering av hur hästen rör sig kan nu även göras med objektiva mätsystem. Dels finns det accelerometerbaserade system. En annan typ av system använder kameror som registrerar positionen över tid hos markörer fästa på hästen (Mendez-Angulo *et al.* 2014).

På humansidan används många olika bilddiagnostiska metoder för att beräkna en individs muskelmassa (Cruz-Jentoft *et al.* 2010). För forskningsapplikationer

anses datortomografi eller magnetresonanstomografi vara det bästa alternativet (så kallad Gold standard). En alternativ bilddiagnostisk metod som används både inom forskning och för humanpatienter är en helkroppsröntgen med låg stråldos (engelska: dual energy X-ray absorptiometry, DXA).

Ultraljud har på senare år använts för att i studier på häst utvärdera utvecklingen av ryggmuskulaturen (de Oliveira *et al.* 2015, Stubbs *et al.* 2011). På humansidan har ultraljud använts länge för att även mäta tjocklek hos lårmuskulatur (Doxey 1987, Weiss *et al.* 2000).

För att mäta muskelaktivitet har elektromyografi använts i samband med studier på häst (van Wessum *et al.* 1999; Zellner *et al.* 2017; Williams 2018). Det finns två typer av elektromyografi. En typ använder sensorer som sätts utanpå huden och kan mäta muskelaktivitet på ett djup av mindre än 5 cm. Den andra typen är mer invasiv, då en tunn nål eller tråd förs in i muskeln, vilket möjliggör mätning av djupare muskelaktivitet.

En metod för utvärdering av muskelfunktion är mikroskopering av muskelbiopsier. På häst görs detta i klinisk verksamhet vid till exempel misstanke om genetiska muskelsjukdomar (Ross & Dyson 2011). I forskningssammanhang används biopsier till exempel för att studera fördelningen av muskelfibertyper i olika muskler (Hyytiäinen *et al.* 2014), tvärsnittsarean hos muskelfibrer (Rivero *et al.* 2007) och densiteten av mitokondrier i muskler (Schils *et al.* 2015).

Omfångsmätningar av muskulatur används i många studier på humansidan. Det finns bland annat exempel på omfångsmätning runt knä och lårmuskulatur (Nicholas *et al.* 1976), distalt mellan knäled och häl (Bakar *et al.* 2017) och runt överarm samt lår (Román *et al.* 2016). Även på hund används muskelomfångsmätning för utvärdering av muskelutveckling. I en studie av McCarthy *et al.* (2018) jämfördes omfångsmätning av lårmuskulatur hos hund med benet i olika positioner, pälsen klippt eller oklippt, med eller utan sedering samt olika långt upp på låret. En liknande studie av Duerr *et al.* (2016) utvärderade omfångsmätning av lårmuskulatur hos hund dels på kadaver och levande djur. En annan studie har gjorts för att utvärdera fyra olika typer av måttband för omfångsmätning av muskulatur hos hund (Baker *et al.* 2010). Metoden används i forskning på hund. Ett exempel är en studie av olika fysioterapiprogram efter korsbandskirurgi, där muskelutveckling utvärderades med denna metod (Monk *et al.* 2006).

I vetenskapliga studier finns även möjligheten att använda dissektion av muskulatur för att öka kunskapen kring bland annat anatomi. Crook *et al.* (2008) har utifrån dissekerat material från sex Arabiska fullblodshästar och sex Quarterhästar beskrivit detaljer i hästens muskulära anatomi samt vissa rasskillnader. Ett flertal muskler hos hästarna vägdes och undersöktes avseende längd hos muskelfibrer och pennationsvinkel. För alla undersökta muskler fanns en statistiskt signifikant högre massa för Quarterhästarna. Ungefär hälften av de undersökta musklerna var till sin helhet också signifikant längre hos Quarterhästarna. Dock sågs inga signifikanta

skillnader mellan raserna i längd hos muskelfibrerna eller musklernas pennationsvinklar. Det är värt att notera att inga signifikanta skillnader ( $p > 0,05$ ) fanns mellan hästarnas ålder, vikt eller mankhöjd i de två stickproven. Dissektion har även använts för forskning på humansidan. I en studie har omfång på underarmar, överarmar, lår och vader mätts hos 12 manliga människokadaver för att sedan dissekera loss och väga skelettmuskulaturen (Martin *et al.* 1990). Utifrån detta kunde korrelationen mellan olika omfångsmätningar för armar och ben och total muskelmassa analyseras. En slutsats som drogs var att hudens tjocklek (inklusive underhudsfett) bidrog till omfången så att korrelationen till total muskelmassa påverkades. Dock fanns det fortfarande ett starkt samband (Pearsons korrelationskoefficient = 0,96) mellan omfånget hos underarmen och den totala muskelmassan. Trots att även kadaver från kvinnor undersöktes av forskargruppen togs dessa inte med i analysen då dessa var så pass mycket fetare vilket ledde till låga korrelationer mellan total muskelmassa och omfångsmätningarna.

## 3. Material och metoder

### 3.1. Hästar

Hästarna som ingick i studien var dels universitetsägda och dels privatägda. Inklusionskriterie var hästar oavsett ras, ålder och kön. Exklusionskriterie var att hästarna inte fick ha smärta som påverkade deltagandet i studien. Djurägarna gav sitt godkännande till studien genom ett djurägarmedgivande. Studien var godkänd via etiskt tillstånd 15533/2018.

### 3.2. Observatörer

Varje omfångsmått mättes tre gånger per observatör. Observatörerna var två veterinärstudenter under sitt sista år på utbildningen samt en erfaren veterinär. Ingen av observatörerna hade erfarenhet av att använda måttband för omfångsmätningar på häst innan studiens början. Dock deltog alla tre under metodutvecklingen och fastställandet av det protokoll som använts i denna studie, vilket gav viss erfarenhet. Utvecklingen av metoden och protokollet bestod av tre dagar med mätningar på hästar. Samma observatör som utförde en mätning läste av sin egen mätning. Hänvisningen som användes för de tre olika observatörerna var Observatör A, Observatör B och Observatör C.

### 3.3. Mätutrustning

Alla mätningar utfördes med ett måttband och en applicerad dragkraft av ungefär 5 N. Detta motsvarar tyngdkraften på en vertikalt hängande massa av 0,5 kg. Kraften mättes med hjälp av ett enkelt kraftmått innehållande en fjäder som var kopplat till måttbandet. Måttbandet var graderat i millimeter och går att se i Figur 3-5.

### 3.4. Genomförande

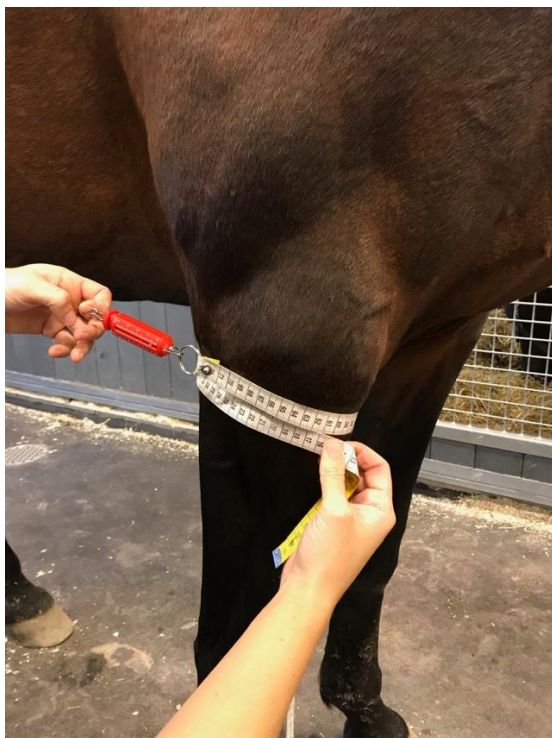
En stegvis och mer detaljerad beskrivning av hur muskelomfångsmätningarna genomfördes finns i protokollet skrivet på engelska som är bifogat i Bilaga 1. Notera även att mätningar med ultraljud gjordes samtidigt för samtliga hästar i studien, men detta kommer utvärderas och beskrivas i ett annat examensarbete.

Hästarna positioneras inför mätningarna med metakarpalben respektive metatarsalben till synes vertikalt orienterade och positionen fotograferas. Mätningarna gjordes antingen med hästen uppbunden i stallgång eller med en person som höll i hästen. Om hästen lyfte eller flyttade ett eller flera ben positionerades hästen åter på ovan beskrivna sätt innan nästa mätning.

#### 3.4.1. Framben

Underarmsbenets (*os radius*) samt skankbenets (*os tibia*) längd mättes på både höger och vänster sidas ben med hjälp av ett måttband. Därutöver mättes ledvinklar i armbågsled (*articulatio cubiti*), hasled (*articulatio tarsi*) och knäled (*articulatio genus*) med hjälp av en goniometer. Områdena för mätningarna markerades ut med en penna på pälsen. Om pälsen var för tjock för att ultraljudsmätningar skulle gå att genomföra på oklippt häst klipptes pälsen. De klippta områdena var då från de utmärkta linjerna och ett par centimeter i proximal riktning. Måttbandets nedkant gick i linje med den utritade linjen vid mätningarna, alternativt i nederkant av det klippta området

Hos underarmarna mättes det totala omfånget och två semi-omfång för de kraniala (sträckarmuskler) respektive kaudala musklerna (böjarmuskler). Alla mätningar gjordes vinkelrätt mot underarmbenets längdaxel och på ett avstånd av en fjärdedel av underarmens längd nedanför armbågsleden. De två punkter som avgränsar semi-omfången är den kranio-mediala kanten hos underarmsbenet samt gränsen mellan långa tåsträckaren (*m. extensor digitorum communis*) och karpalböjarna (*m. ulnaris lateralis*). I Figur 3 visas en mätning av det totala omfånget hos en av hästarna i studien.



Figur 3. En mätning av det totala omfånget hos underarmen.

### 3.4.2. Bakben

För bakbenen gjordes de distala mätningarna på liknande sätt som för underarmarna med ett totalt omfång och två semi-omfång för de kraniala respektive kaudala musklerna. Se Figur 4 där två mätningar av det distala bakbenet visas. Mätningar gjordes vinkelrätt mot skankbenets längdaxel och på ett avstånd av en tredjedel av skankbenets längd nedanför knäleden. De två punkter som avgränsar semi-omfången är här den kranio-mediala kanten hos skankbenet samt gränsen mellan sidliga tåsträckaren (*m. extensor digitorum lateralis*) och ytliga vadmuskeln (*m. gastrocnemius*). För bakbenen utfördes även proximala mätningar vilka bestod av ett totalt omfång och två semi-omfång. En mätning av ett totalt omfång proximalt på bakbenet presenteras i Figur 5. Här delades semi-omfången in i lateral respektive medial del av omfånget. För mätningar av de proximala semi-omfången mättes från den översta punkten hos knäskålen till den punkt där hälsenans tänkta raka förlängning skär det totala omfångets linje.





*Figur 4. En mätning av det totala omfånget (vänster) och ett semi-omfång för de kraniala musklerna (höger) distalt om knäleden på bakbenet .*



*Figur 5. En mätning av det totala omfånget proximalt på bakbenet.*

### 3.5. Statistisk analys

Data presenteras deskriptivt i Tabell 2. Samstämmighet inom och mellan observatörer (intra- respektive inter-observatör) analyserades med hjälp av intraklass korrelationskoefficient (engelska: intraclass correlation coefficient, ICC). För beräkningarna av ICC hanterades varje sida av hästen som ett ny individ utan hänsyn tagen till vilken sida av hästen som mätningen utförts på. Inter-observatör-ICC beräknades utifrån medelvärdet av varje observatörs mätningar. Analysen gjordes med MATLAB version R2017a.

#### 3.5.1. Repeterbarhet

Repeterbarhet är ett mått på hur konsekvent en och samma observatör kan mäta samma sak upprepade gånger (Petrie & Watson 2013). I denna studie analyserades repeterbarheten hos metoden för de olika totala omfångsmåtten samt semi-omfångsmåtten med intra-observatör-ICC. Tolkningen av resultaten gjordes enligt riktlinjer framförda av Koo & Li (2016) för 95% konfidensintervall hos de uppskattade ICC-värdena enligt:

- $ICC < 0,5$  indikerar dålig repeterbarhet (engelska: poor),
- $0,5 < ICC < 0,75$  indikerar måttlig repeterbarhet (engelska: moderate),
- $0,75 < ICC < 0,9$  indikerar bra repeterbarhet (engelska: good), och
- $0,9 < ICC$  indikerar utmärkt repeterbarhet (engelska: excellent).

#### 3.5.2. Reproducerbarhet

Reproducerbarhet är ett mått på hur lika två mätningar från olika observatörer kan förväntas vara (Petrie & Watson 2013). Reproducerbarheten för de olika totala omfångsmåtten samt semi-omfångsmåtten utvärderades med inter-observatör-ICC för medelvärdet av varje observatörs mätningar för respektive häst och omfångsmått. Tolkningen av resultaten utfördes på samma sätt som beskrivits för repeterbarheten.

Notera att det finns ett tredje begrepp som brukar nämnas i dessa sammanhang, nämligen replikerbarhet. Replikerbarhet avser huruvida ett resultat kan återskapas om en annan forskargrupp genomför samma studie, men med andra hästar och annan utrustning. Att utvärdera detta ingick självklart inte i denna studie, men möjliggörs om den använda metoden redogörs tydligt.

## 4. Resultat

### 4.1.1. Studiepopulation

En övergripande beskrivning av studiepopulationen ges i Tabell 1. Uppmätta underarmslängder, skankbenslängder samt ledvinklar i armbågsled, hasled och knäled redovisas i Bilaga 2.

*Tabell 1: Ras och kön hos de 11 hästar som deltog i studien.*

Häst nr.	Kön	Ras
1,3,4,7,9,11	Sto	Varmblodig travare
2,5,8	Valack	Varmblodig travare
6	Sto	SWB
10	Valack	Okänd ponnyras

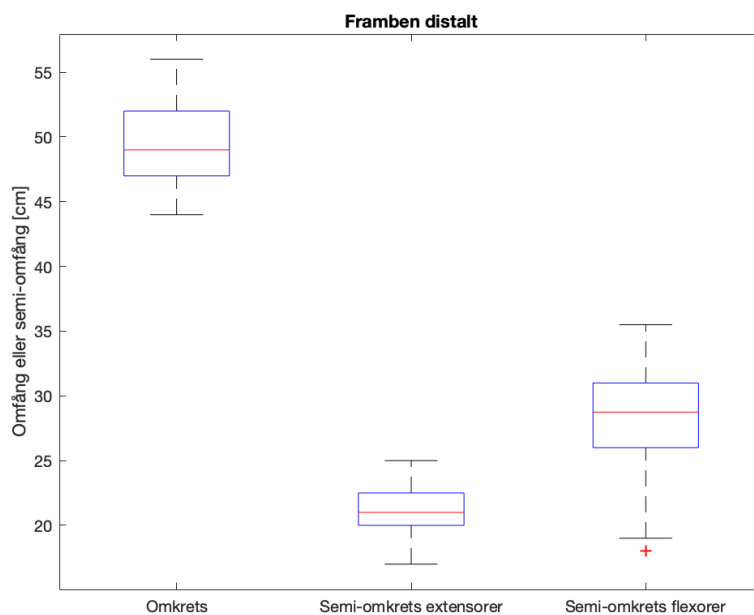
### 4.2. Deskriptiv statistik

I Tabell 2 redovisas medelvärde och standardavvikelse för de nio olika omfångs- och semiomfångsmåtten på fram- och bakbenen. Resultaten redovisas uppdelat för de olika observatörerna samt uppdelat för höger och vänster sidas ben. Dessutom ges medelvärden utan uppdelning för observatörer eller sida av hästen.

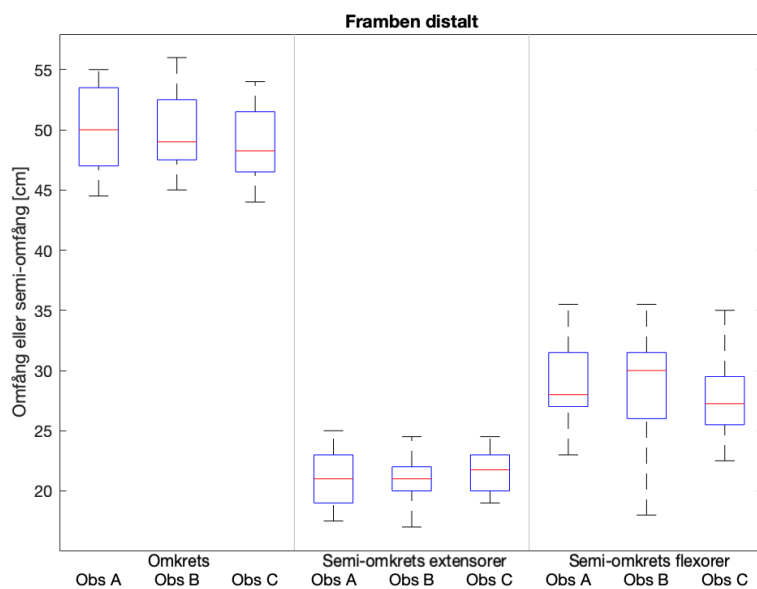
I Figur 6 och 7 redovisas data för framben med hjälp av låddiagram. I Figur 6 visas data utan uppdelning för de olika observatörerna, medan data uppdelat för olika observatörer visas i Figur 7. I Figur 8-9 och Figur 10-11 visas data för bakben proximalt respektive bakben distalt på samma sätt som beskrivet för frambenen. Ingen uppdelning för sida av hästen har gjorts i Figur 6-11. Utifrån data som presenteras i Tabell 2 samt Figur 6-11 går det att se att den uppmätta semi-omkretsen från sträckarmuskler var mindre jämfört med böjarmuskler för både fram- och bakben distalt. Semi-omkretsar medialt och lateralt uppmättes till ungefär samma längd. Vissa skillnader sågs mellan resultaten för de olika observatörerna, hur detta ska bedömas blir tydligare i och med analysen av reliabilitet som följer.

Tabell 2. Medelvärde  $\pm$  standardavvikelse (cm) för olika omkretsmått. I tabellen används förkortningar s.o. (semi-omkrets), ext. (sträckarmuskler), flex. (böjarmuskler), med. (medialt), lat. (lateral), prox. (proximalt) och dist. (distalt).

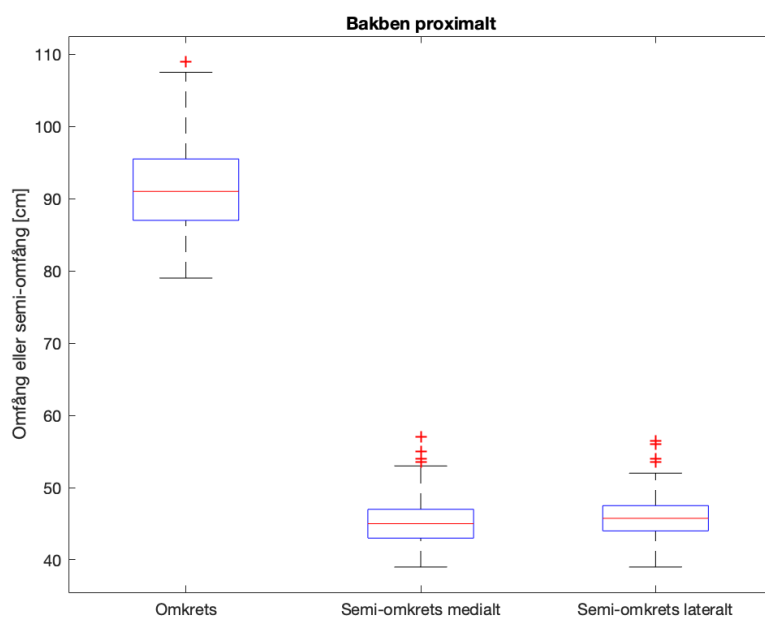
	Observatör A	Observatör B	Observatör C	Medel
Framben omkrets				
Höger	50,7 $\pm$ 2,81	49,6 $\pm$ 2,85	48,9 $\pm$ 2,54	49,7 $\pm$ 2,81
Vänster	49,4 $\pm$ 3,63	49,7 $\pm$ 3,35	48,7 $\pm$ 2,99	49,3 $\pm$ 3,33
Medel	50,0 $\pm$ 3,28	49,7 $\pm$ 3,09	48,8 $\pm$ 2,75	49,5 $\pm$ 3,08
Framben s.o. ext.				
Höger	21,3 $\pm$ 1,83	20,7 $\pm$ 1,90	21,7 $\pm$ 1,44	21,2 $\pm$ 1,77
Vänster	21,0 $\pm$ 2,23	21,1 $\pm$ 1,64	21,6 $\pm$ 1,53	21,2 $\pm$ 1,82
Medel	21,2 $\pm$ 2,03	20,9 $\pm$ 1,77	21,6 $\pm$ 1,47	21,2 $\pm$ 1,79
Framben s.o. flex.				
Höger	28,4 $\pm$ 2,14	30,2 $\pm$ 2,36	27,7 $\pm$ 2,37	28,7 $\pm$ 2,50
Vänster	29,2 $\pm$ 3,78	27,9 $\pm$ 4,76	27,8 $\pm$ 3,55	28,3 $\pm$ 4,07
Medel	28,8 $\pm$ 3,07	29,0 $\pm$ 3,89	27,7 $\pm$ 3,00	28,5 $\pm$ 3,38
Bakben prox. omkrets				
Höger	90,5 $\pm$ 5,58	91,1 $\pm$ 6,39	91,1 $\pm$ 7,19	90,9 $\pm$ 6,36
Vänster	91,4 $\pm$ 6,49	91,6 $\pm$ 6,87	91,9 $\pm$ 6,69	91,7 $\pm$ 6,62
Medel	90,9 $\pm$ 6,02	91,3 $\pm$ 6,59	91,5 $\pm$ 6,90	91,3 $\pm$ 6,49
Bakben prox. s.o. med.				
Höger	44,0 $\pm$ 3,40	45,0 $\pm$ 3,42	43,3 $\pm$ 2,89	44,1 $\pm$ 3,28
Vänster	45,8 $\pm$ 2,76	46,5 $\pm$ 4,51	45,3 $\pm$ 2,90	45,9 $\pm$ 3,48
Medel	44,9 $\pm$ 3,19	45,7 $\pm$ 4,04	44,3 $\pm$ 3,04	45,0 $\pm$ 3,49
Bakben prox. s.o. lat.				
Höger	45,2 $\pm$ 2,70	46,2 $\pm$ 3,47	46,6 $\pm$ 3,92	46,0 $\pm$ 3,42
Vänster	45,1 $\pm$ 2,23	45,7 $\pm$ 3,05	45,9 $\pm$ 4,41	45,6 $\pm$ 3,34
Medel	45,2 $\pm$ 2,46	45,9 $\pm$ 3,25	46,3 $\pm$ 4,16	45,8 $\pm$ 3,38
Bakben dist. omkrets				
Höger	46,0 $\pm$ 1,95	45,6 $\pm$ 1,91	45,5 $\pm$ 2,08	45,7 $\pm$ 1,98
Vänster	45,8 $\pm$ 2,17	45,4 $\pm$ 1,78	45,2 $\pm$ 2,06	45,5 $\pm$ 2,00
Medel	45,9 $\pm$ 2,05	45,5 $\pm$ 1,83	45,4 $\pm$ 2,05	45,6 $\pm$ 1,99
Bakben dist. s.o. ext.				
Höger	17,1 $\pm$ 1,97	17,1 $\pm$ 1,73	17,4 $\pm$ 3,04	17,2 $\pm$ 2,30
Vänster	16,4 $\pm$ 1,99	17,6 $\pm$ 1,05	17,6 $\pm$ 1,95	17,2 $\pm$ 1,79
Medel	16,8 $\pm$ 1,99	17,4 $\pm$ 1,44	17,5 $\pm$ 2,53	17,2 $\pm$ 2,05
Bakben dist. s.o. flex.				
Höger	29,0 $\pm$ 1,95	28,4 $\pm$ 1,53	27,6 $\pm$ 3,56	28,3 $\pm$ 2,54
Vänster	28,6 $\pm$ 2,26	27,5 $\pm$ 2,02	27,9 $\pm$ 2,29	28,0 $\pm$ 2,22
Medel	28,8 $\pm$ 2,10	28,0 $\pm$ 1,83	27,8 $\pm$ 2,97	28,2 $\pm$ 2,38



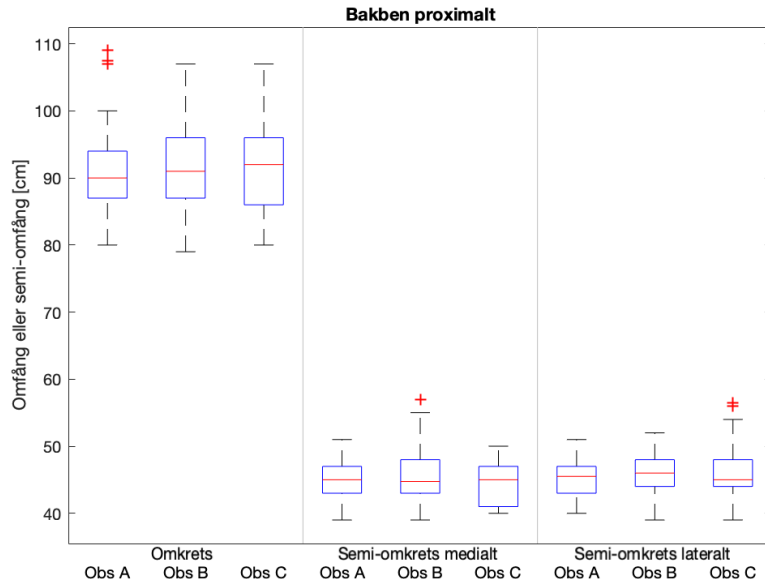
Figur 6. Fördelning av mätdata för frambenet, presenterat med låddiagram. Låddiagrammen presenterar medianen (den centrala röda linjen), 25:e och 75:e percentilen (gränserna hos den blå lådan), maximum- och minimumvärden som ej räknas som extremvärden (de svarta morrhåren) och extremvärden som ligger mer än tre gånger kvartilavståndet från lådan (röda plus-tecken).



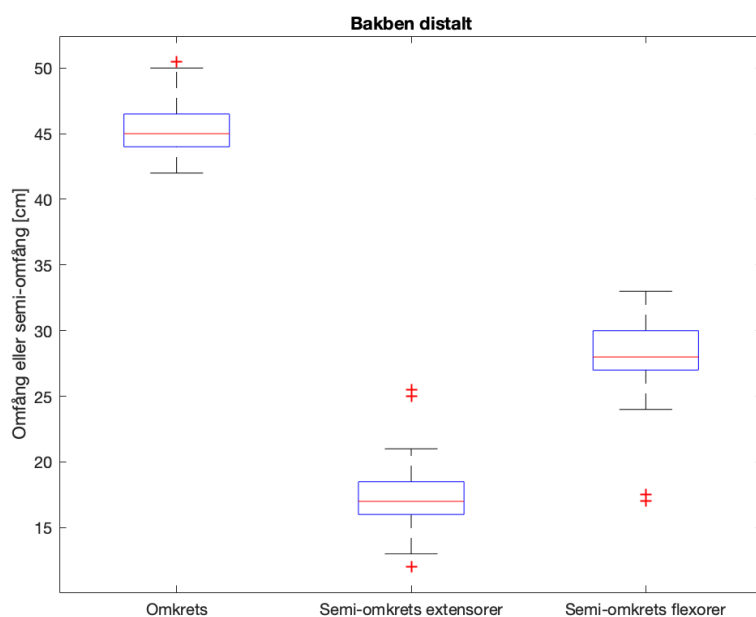
Figur 7. Fördelning av mätdata för frambenet uppdelat för observatörer, presenterat med låddiagram. Låddiagrammen presenterar medianen (den centrala röda linjen), 25:e och 75:e percentilen (gränserna hos den blå lådan), maximum- och minimumvärden som ej räknas som extremvärden (de svarta morrhåren) och extremvärden som ligger mer än tre gånger kvartilavståndet från lådan (röda plus-tecken). I figuren används förkortning obs. (observatör).



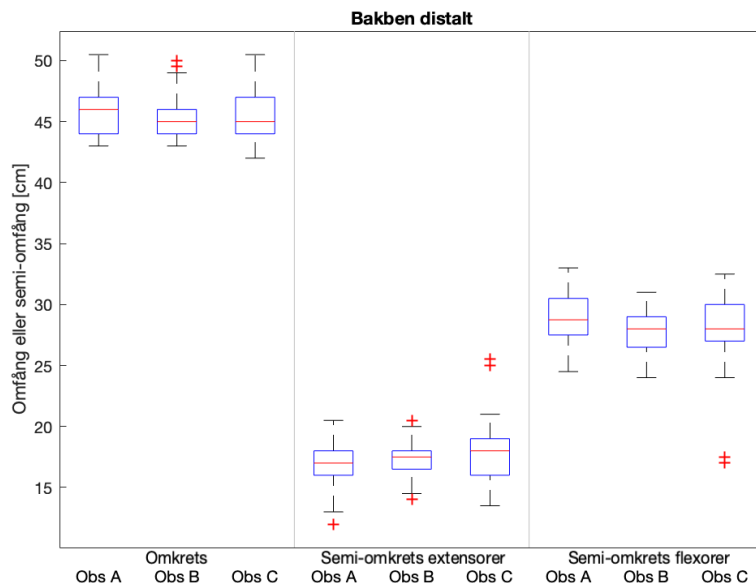
Figur 8. Fördelning av mätdata för bakbenet proximalt, presenterat med låddiagram. Låddiagrammen presenterar medianen (den centrala röda linjen), 25:e och 75:e percentilen (gränserna hos den blå lådan), maximum- och minimumvärden som ej räknas som extremvärden (de svarta morrhåren) och extremvärden som ligger mer än tre gånger kvartilavståndet från lådan (röda plus-tecken).



Figur 9. Fördelning av mätdata för bakbenet proximalt uppdelat för observatörer, presenterat med låddiagram. Låddiagrammen presenterar medianen (den centrala röda linjen), 25:e och 75:e percentilen (gränserna hos den blå lådan), maximum- och minimumvärden som ej räknas som extremvärden (de svarta morrhåren) och extremvärden som ligger mer än tre gånger kvartilavståndet från lådan (röda plus-tecken). I figuren används förkortning obs. (observatör).



Figur 10. Fördelning av mätdata för bakbenet distalt, presenterat med låddiagram. Låddiagrammen presenterar medianen (den centrala röda linjen), 25:e och 75:e percentilen (gränserna hos den blå lådan), maximum- och minimumvärden som ej räknas som extremvärden (de svarta morrhåren) och extremvärden som ligger mer än tre gånger kvartilavståndet från lådan (röda plus-tecken).



Figur 11. Fördelning av mätdata för bakbenet distalt uppdelat för observatörer, presenterat med låddiagram. Låddiagrammen presenterar medianen (den centrala röda linjen), 25:e och 75:e percentilen (gränserna hos den blå lådan), maximum- och minimumvärden som ej räknas som extremvärden (de svarta morrhåren) och extremvärden som ligger mer än tre gånger kvartilavståndet från lådan (röda plus-tecken). I figuren används förkortning obs. (observatör).

### 4.3. Reliabilitet

I Tabell 3 presenteras intra-observatörreliabilitet samt konfidensintervall för de tre observatörerna. Samtliga intra-observatör-ICC skattades som bra till utmärkta. Det lägsta värdet hos undre gränsen hos konfidensintervallen är 0,86 vilket var närmare gränsen till utmärkt än gränsen till måttligt. För alla tre omfångsmått på distala bakbenet samt total omkrets och semi-omkrets för böjarmuskler på frambenet skattades intra-observatör-ICC som utmärkt.

*Tabell 3. Intra-observatörreliabilitet, ICC [95% konfidensintervall], tre observatörer. I tabellen används förkortningar s.o. (semi-omkrets), ext. (sträckarmuskler), flex. (böjarmuskler), med. (medialt), lat. (lateral), prox. (proximalt) och dist. (distalt).*

	Observatör A	Observatör B	Observatör C
Framben omkrets	0,99 [0,98:1,00]	0,97 [0,95:0,99]	0,97 [0,95:0,99]
Framben s.o. ext.	0,97 [0,93:0,98]	0,95 [0,90:0,98]	0,93 [0,86:0,97]
Framben s.o. flex.	0,99 [0,98:0,99]	0,98 [0,96:0,99]	0,99 [0,97:0,99]
Bakben prox. omkrets	0,96 [0,91:0,98]	0,93 [0,86:0,97]	0,97 [0,95:0,99]
Bakben prox. s.o. med.	0,98 [0,96:0,99]	0,93 [0,87:0,97]	0,95 [0,91:0,98]
Bakben prox. s.o. lat.	0,94 [0,89:0,97]	0,95 [0,90:0,98]	0,98 [0,97:0,99]
Bakben dist. omkrets	0,99 [0,97:0,99]	0,98 [0,96:0,99]	0,99 [0,97:0,99]
Bakben dist. s.o. ext.	0,96 [0,92:0,98]	0,95 [0,91:0,98]	0,98 [0,97:0,99]
Bakben dist. s.o. flex.	0,96 [0,92:0,98]	0,97 [0,93:0,98]	0,98 [0,97:0,99]

Inter-observatör-ICC visas i Tabell 4. Högst inter-observatör-ICC sågs för totalt omfång hos bakbenet distalt. Även för det totala omfånget hos bakbenet proximalt var inter-observatör-ICC hög. Dessa två inter-observatör-ICC klassades som bra. Inter-observatör-ICC för totalt omfång hos frambenet låg också relativt högt, men hade ett brett konfidensintervall och skattades därför som måttligt. Frambenets semi-omkrets för böjarmuskler och bakbenets proximala semi-omkrets lateralt hade också måttlig inter-observatör-ICC. Resterande skattades som dåliga.



Tabell 4. Inter-observatör reliabilitet, ICC [95% konfidensintervall].

	Inter-observatörs ICC
Framben omkrets	0,88 [0,71:0,95]
Framben semi-omkrets sträckarmuskler	0,51 [0,26:0,73]
Framben semi-omkrets böjarmuskler	0,73 [0,54:0,87]
Bakben proximal omkrets	0,88 [0,77:0,94]
Bakben proximal semi-omkrets medialt	0,59 [0,35:0,78]
Bakben proximal semi-omkrets lateralt	0,72 [0,52:0,86]
Bakben distal omkrets	0,93 [0,84:0,97]
Bakben distal semi-omkrets sträckarmuskler	0,51 [0,26:0,73]
Bakben distal semi-omkrets böjarmuskler	0,62 [0,40:0,81]

#### 4.4. Extremvärden

Två stycken mätvärden korrigerades inför analysen då dessa bedömdes vara felaktigt antecknade. En mätning av Observatör C av lateralt semi-omfång proximalt på höger bakben hos häst 9 var antecknad som 40 cm, vilket gav upphov till 11 cm skillnad mellan observationer för det omfånget för samma observatör, häst och sida. Detta mätvärde korrigerades till 50 cm inför beräkningarna. Övriga två mätvärden för samma observatör, häst och sida var 49 och 51 cm. För samtliga övriga mätningar av det aktuella semi-omfånget var skillnaderna mellan den minimala och maximala mätningen för samma observatör, häst och sida, cirka 1 cm i medelvärde och som mest 4 cm.

Det andra korrigerade mätvärdet gäller en mätning av totalt omfång på höger framben hos häst 11 av Observatör B. Här var det antecknade värdet 59 cm vilket innebär 9,5 cm skillnad mellan observationer för det omfånget för samma observatör, häst och sida. Mätvärdet är för alla presenterade resultat korrigerat till 49 cm. Övriga två mätvärden för samma observatör, häst och sida var 49,5 och 50 cm. För samtliga övriga mätningar av det aktuella semi-omfånget har skillnaderna mellan den minimala och maximala mätningen för samma observatör, häst och sida haft ett medelvärde av cirka 0,7 cm och som mest varit 2 cm.

## 5. Diskussion

Målet med den här studien var att uppskatta repeterbarhet och reproducerbarhet för den framtagna metoden att mäta muskelomfång med måttband på häst. Detta gjordes genom analys av ICC för intra- respektive inter-observatörvarians. När en tolkning av ICC resultat görs ska detta enligt Koo & Li (2016) baseras på konfidensintervallet för ICC.

Det är viktigt att notera att den här studien endast utvärderade tillförlitlighet hos muskelomfångsmätningar. Huruvida det som mättes korrelerar väl med de sanna muskelomfången berördes ej. Det finns planer inom forskargruppen där handledarna för detta examensarbete ingår på att studera detta. Jämförelser kan då komma att göras mellan muskelomfångsmätningar och datortomografibilder. Omfång utifrån datortomografibilder fungerar då som så kallad gold standard. Dissektion kan även komma att göras för att närmare bestämma bland annat tvärsnitt hos individuella muskler. Fokus för denna studie var prövning av reliabilitet hos metoden att mäta muskelomfång med måttband och det låg utanför studien att jämföra resultaten med datortomografi eller dissektion.

Metoden som användes i denna studie av muskelomfångsmätningar var ospecifik i avseendet att ett muskelomfång kan öka på grund av att styrka byggs i en eller flera av de ingående musklerna. Ett omfångsmått kan alltså öka på grund av att tvärsnittet har växt för andra muskler än de som avsetts att tränas. Denna svaghet hos metoden är gemensam för alla omfångsmått som studerades, men med hjälp av de distala semi-omfången på fram- och bakbenen finns det större möjlighet att utvärdera om omfångsökningen har skett genom att böjar- eller sträckarmuskulaturen har stärkts. Däremot kan metoden inte användas för att avgöra vilken eller vilka av böjar- eller sträckarmuskulaturen som har ökat i omfång.

För alla tre omfångsmått distalt om knäleden på bakbenet skattades intra-observatör-ICC som utmärkt. Även det högsta inter-observatör-ICC uppnåddes för totalt omfång hos bakbenet distalt. Detta överensstämmer med testpersonernas delade subjektiva upplevelse av att mätningarna distalt på bakbenet var enklast att genomföra. Däremot bedöms inter-observatör-ICC för semi-omfången distalt om knäleden som dåliga, vilket är något förvånande. Den laterala gränsen för semi-omfången är inte lika tydlig på bakbenen som på frambenen (en grundare klyfta mellan musklerna), men då denna markeras innan mätningarna borde detta inte ha spelat någon roll.

För måtten på frambenen bedömdes intra-observatör-ICC som utmärkt för total omkrets och semi-omkrets för böjarmuskler. Att intra-observatör-ICC för semi-omkretsen hos sträckarmuskulerna skattades lägre (men ändå som bra) skulle till exempel kunna bero på att den fibrösa vävnaden (*lacertus fibrosus*) med ursprung från den tvåhövdade överarmsmuskeln (*m. biceps brachii*) passerar just kranialt om den kranio-mediala kanten på underarmsbenet, vilket upplevdes som något försvårande för det omfångsmåttet. Inter-observatör-ICC för totalt omfång hos frambenet hade ett värde som med god marginal skulle klassas som bra om hänsyn ej togs till konfidensintervallet hos ICC. Att inter-observatör-ICC för totalt omfång hos frambenet hade ett så pass brett konfidensintervall, skulle kunna bero på att en del av bröstmuskulaturen (*m. pectoralis transversus*) angränsar till tvärsnittet. Detta går att se i den vänstra delen av Figur 1. Den uppmätta omkretsen riskerar att variera beroende på om man inkluderar bröstmuskulaturen i omfångsmätningen och i så fall hur mycket av den som kommer med. Detta verkar inte ha påverkat intra-observatör-ICC, vilket skulle kunna förklaras av att de olika observatörerna inkluderade lika mycket eller lika lite av bröstmuskulaturen i det totala omfångsmåttet varje gång.

Alla tre intra-observatör-ICC för omfångsmåtten proximalt på bakbenet skattades som bra, men inte utmärkta. För det totala omfångsmåttet innebar detta alltså något sämre repeterbarhet jämfört med frambenet och bakbenet distalt. Att genomföra de totala muskelomfångsmätningarna proximalt på bakbenet var det som subjektivt bedömdes som svårast av testpersonerna. Måttbandet gled lätt ned från den avsedda linjen och det tog ofta en betydligt längre tid att mäta jämfört med övriga omfångsmått. Med träning gick det bättre, men det kan vara en del i förklaringen till att intra-observatör-ICC för det totala omfånget var lägre här. Inter-observatör-ICC för det totala omfånget hos bakbenet proximalt bedömdes som bra. Inter-observatör-ICC för de proximala semi-omkretsarna skattades som måttlig och dålig för den laterala respektive mediala sidan. Det proximala bakbenet har en mer konisk form vilket går att se i Figur 2. Det går att diskutera huruvida mätningarna här var mer känsliga för om måttbandet flyttas en kort distans proximalt eller distalt.

## 5.1. Felkällor

Vid den här typen av mätningar finns det många olika felkällor. Omkretsen kring ett mätområde påverkas av annat än storleken hos musklerna i tvärsnittet. Underhudsfett, päls och vätskeansamlingar eller ödem kan påverka måtten. Anspänning hos muskulaturen kan variera på grund av till exempel stress. Även variation i positionering av hästen är en felkälla.

I de fall jämförelse görs av mätningar på levande och döda hästar kan förutom de ovan nämnda faktorerna även förändringar som kan ske post mortem påverka. Tänkbara förändringar direkt efter avlivning är kanske framförallt att positioneringen förändras, även om ansträngningar görs för att återskapa samma ledvinklar

som innan avlivning. Muskelanspänningar hos bland annat hållningsansvariga muskler försvinner. En tid efter avlivningen är rigor mortis, uppkomst av ödem samt förändrad fördelning av blodvolymen möjliga källor till förändrad omkrets hos olika kroppsdelar. Detta diskuteras här trots att inga resultat från mätningar på kadaver presenteras eftersom att det är ett sannolikt nästa steg i fortsatt forskning inom området.

Förutom faktorer hos hästarna kan även observatörerna och mätmetoden påverka resultaten. En falskt hög repeterbarhet skulle kunna uppkomma. Under utförandet av den här studien mätte varje observatör upprepade gånger i snabb följd. Det är då oundvikligt att observatören minns bättre hur denne mätte gången innan. Alltså är det möjligt att mätningar som görs av en och samma observatör men med längre tid emellan skulle vara mindre repeterbara. Som studiedesign är detta en svaghet vid bestämmande av repeterbarhet för en metod som ska användas för att utvärdera muskelutveckling under kanske många månaders tid. Rutinen att mäta ett omfångsmått tre gånger och använda medelvärdet av mätningarna är dock en bra rutin för att öka en metods tillförlitlighet.

I många fall klipptes pälsen på hästarna i den här studien istället för att en linje ritades på pälsen. Detta då de hade mycket päls och även ultraljudsmätningar skulle genomföras. Klippningen av pälsen kan också potentiellt påverka mätvärdet, men detta togs ej hänsyn till i den här studien. Det är dock sannolikt att detta inte har haft en stor påverkan på resultaten eftersom varje mätområde var antingen klippt eller inte för en häst för samtliga mätningar. I många kliniska tillämpningar skulle det vara svårt att motivera för djurägaren att klippa pälsen så som vi har gjort. Om muskelutveckling utvärderas efter en längre tid kan pälsen dessutom ha växt ut. I studien på hund med lång päls av (Duerr *et al.* 2016) sågs en statistiskt signifikant effekt på omfångsmätningarna beroende på om pälsen var klippt eller ej.

Blindning saknas i den här studien. Det var samma person som mätte omfånget som läste av måttbandet. Försök gjordes i ett tidigt stadie att en person skulle mäta och en annan person skulle läsa av, men det var inte praktiskt genomförbart. Alla observatörer hade som målsättning att inte låta detta påverka avläsningarna av måttbandet. Dock anses blindning i studier vara av vikt, vilket visats i forskning (Jüni *et al.* 2001). Hur stor inverkan blindning har verkar dock kunna variera på så vis att effekten framförallt ses vid subjektiva bedömningar (Page *et al.* 2016).

Två antecknade mätvärden korrigerades inför presentationen av data i studien. Dessa bedömdes som felaktigt antecknade under insamlingen av data. Det bedömdes som korrekt att korrigera dessa mätvärden. Skillnaden mellan den minimala och maximala mätningen för samma observatör, häst och sida blev ungefär en faktor 10 större med de berörda originalvärdena jämfört med medelvärdet för övriga mätningar. Korrigeringen valdes som de två på ett tangentbord närliggande siffrorna 4 och 5. Dock skulle ju de faktiska mätvärdena kunnat vara andra än de som nu antas, till exempel om korrigeringen hade gjorts mellan de två på ett tangentbord

närliggande siffrorna 9 och 0. De ovan presenterade analyserna av deskriptiv statistik och ICC utfördes även för dessa alternativa korrigeringar, jämförelsen visas i Tabell 5. I tabellen har de analyser där en skillnad ses fetmarkerats. Skillnaderna blev väldigt små, men de valda korrigeringarna var konservativa i bemärkelsen att spridningen i data blev större och överensstämmelserna blev marginellt sämre. En alternativ strategi hade varit att ta bort dessa datapunkter ur analysen. Detta hade gått att göra för den deskriptiva statistiken och för analysen av inter-observatör ICC. Det hade dock för analys av intra-observatör ICC ej varit kompatibelt med den Matlab-funktion som använts, då funktionen kräver en matris för analysen med lika många mätningar för varje observatör. Då det i Tabell 5 visats marginell inverkan av dessa två enskilda mätvärden för de två tänkbara mest sannolikt korrekta mätningarna, så bedöms detta ej vara avgörande. Att sannolikt felaktig anteckning av mätvärden skedde pekar dock på vikten av inte glömma bort felkällan som den mänskliga faktorn utgör.

*Tabell 5. Jämförelse av effekt på resultat för två olika tänkbara korrigeringar av avvikande data.*

	Häst 9, Observatör C höger bakben proximal lateral semi-omkrets	Häst 11, Observatör B höger framben omkrets
Medelvärde ± standardavvikelse (cm)		
Vald korrigering	<b>46,6 ± 3,92</b>	49,6 ± 2,85
Alternativ korrigering	<b>46,6 ± 3,90</b>	49,6 ± 2,85
Intra-observatör ICC [95% konfidensintervall]		
Vald korrigering	0,98 [0,97:0,99]	<b>0,97 [0,95:0,99]</b>
Alternativ korrigering	0,98 [0,97:0,99]	<b>0,98 [0,95:0,99]</b>
Inter-observatör ICC [95% konfidensintervall]		
Vald korrigering	<b>0,72 [0,52:0,86]</b>	0,88 [0,71:0,95]
Alternativ korrigering	<b>0,72 [0,53:0,86]</b>	0,88 [0,71:0,95]

## 5.2. Konklusion

En mycket god till utmärkt repeterbarhet sågs för alla omfångsmått i den här studien. Utifrån resultaten från den här studien kan alltså alla måtten användas på ett tillförlitligt sätt vid upprepade mätningar om samma observatör utför mätningar. Reproducerbarheten var genomgående lägre än repeterbarheten, vilket får anses vara väntat. För de totala omfångsmåtten på bakbenet var ändå reproducerbarheten

god. Alltså kan olika observatörer mäta totala omfång hos bakbenet med en bra tillförlitlighet vid upprepade mätningar utifrån de presenterade resultaten.

Sammanfattningsvis bör samma observatör utföra mätningarna vid mätning av muskelomfång på häst, samt ett måttband med dynamometer användas. Utifrån resultaten från denna studie har mätning av muskelomfång med måttband på häst potential för att vara ett enkelt och objektivet sätt att bedöma muskelstyrka hos hästen. Det är viktigt att förutsättningarna bibehålls när olika mätningar för en häst ska jämföras, det vill säga benens positionering och om pälsen är klippt eller ej. Det ska dock noteras att många felkällor finns och att denna studie främst ska ses som ett steg mot en validerad metod för muskelomfångsmätning på häst.

## Referenser

- Agria (2017). *Mer än 50 procent av alla skador är hältor – #stoppahältan*.  
<https://www.agria.se/pressrum/pressmeddelanden-2017/mer-an-50-procent-av-alla-skador-ar-haltor--stoppahaltan/> [2021-01-11]
- Akima, H., Takahashi, H., Kuno, S.-Y., Masuda, K., Masuda, T., Shimojo, H., Anno, I., Itai, Y. & Katsuta, S. (1999). Early phase adaptations of muscle use and strength to isokinetic training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31 (4), 588–594.  
<https://doi.org/10.1097/00005768-199904000-00016>
- Ashdown, R.R., Done, S.H. & Ashdown, R.R. (2011). *The Horse*. 2nd ed. Edinburgh: Mosby/Elsevier. (Color Atlas of Veterinary Anatomy.- 2nd ed; v. 2)
- Bakar, Y., Özdemir, Ö.C., Sevim, S., Duygu, E., Tuğral, A. & Sürmeli, M. (2017). Intra-observer and inter-observer reliability of leg circumference measurement among six observers: a single blinded randomized trial. *Journal of Medicine and Life*, 10 (3), 176–181
- Baker, S.G., Roush, J.K., Unis, M.D. & Wodiske, T. (2010). Comparison of four commercial devices to measure limb circumference in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 23 (06), 406–410. <https://doi.org/10.3415/VCOT-10-03-0032>
- Buchner, H.H.F., Savelberg, H.H.C.M., Schamhardt, H.C., Merkens, H.W. & Barneveld, A. (1994). Kinematics of treadmill versus overground locomotion in horses. *Veterinary Quarterly*, 16 (sup2), 87–90. <https://doi.org/10.1080/01652176.1994.9694509>
- Crook, T.C., Cruickshank, S.E., McGowan, C.M., Stubbs, N., Wakeling, J.M., Wilson, A.M. & Payne, R.C. (2008). Comparative anatomy and muscle architecture of selected hind limb muscles in the Quarter Horse and Arab. *Journal of Anatomy*, 212 (2), 144–152. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2007.00848.x>
- Cruz-Jentoft, A.J., Baeyens, J.P., Bauer, J.M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., Martin, F.C., Michel, J.-P., Rolland, Y., Schneider, S.M., Topinkova, E., Vandewoude, M. & Zamboni, M. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and Ageing*, 39 (4), 412–423. <https://doi.org/10.1093/ageing/afq034>
- Davidson, E.J. (2016). Controlled exercise in equine rehabilitation. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 32 (1), 159–165.  
<https://doi.org/10.1016/j.cveq.2015.12.012>
- Del Vecchio, A., Casolo, A., Negro, F., Scorcelletti, M., Bazzucchi, I., Enoka, R., Felici, F. & Farina, D. (2019). The increase in muscle force after 4 weeks of strength training is mediated by adaptations in motor unit recruitment and rate coding. *The Journal of Physiology*, 597 (7), 1873–1887. <https://doi.org/10.1113/JP277250>
- Denoix, J.-M. (2019). *Essentials in Clinical Anatomy of the Equine Locomotor System*. Boca Raton: CRC Press, Taylor and Francis.

- Doxey, G.E. (1987). The association of anthropometric measurements of thigh size and B-mode ultrasound scanning of muscle thickness. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 8 (9), 462–468. <https://doi.org/10.2519/jospt.1987.8.9.462>
- Duerr, F.M., Bascuñán, A.L., Kieves, N., Goh, C., Hart, J., Regier, P., Rao, S., Foster, S. & Palmer, R. (2016). Evaluation of factors influencing thigh circumference measurement in dogs. *Veterinary Evidence*, 1 (2). <https://doi.org/10.18849/ve.v1i2.33>
- Evans, J.H. & Barbenel, J.C. (1975). Structural and mechanical properties of tendon related to function. *Equine Veterinary Journal*, 7 (1), 1–8. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1975.tb03221.x>
- Hyttiäinen, H.K., Mykkänen, A.K., Hielm-Björkman, A.K., Stubbs, N.C. & McGowan, C.M. (2014). Muscle fibre type distribution of the thoracolumbar and hindlimb regions of horses: relating fibre type and functional role. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 56 (1), 8. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-56-8>
- Jüni, P., Altman, D.G. & Egger, M. (2001). Systematic reviews in health care: Assessing the quality of controlled clinical trials. *BMJ*, 323 (7303), 42–46. <https://doi.org/10.1136/bmj.323.7303.42>
- Kaneps, A.J. (2016). Practical rehabilitation and physical therapy for the general equine practitioner. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 32 (1), 167–180. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2015.12.001>
- Kawai, M., Minami, Y., Sayama, Y., Kuwano, A., Hiraga, A. & Miyata, H. (2009). Muscle fiber population and biochemical properties of whole body muscles in Thoroughbred horses. *The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 292 (10), 1663–1669. <https://doi.org/10.1002/ar.20961>
- König, H.E., Aurich, C. & Liebich, H.-G. (eds.) (2014). *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals: Textbook and Colour Atlas*. 6th, rev.extended ed. Stuttgart New York, NY: Schattauer.
- Koo, T.K. & Li, M.Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15 (2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Martin, A.D., Spenst, L.F., Drinkwater, D.T. & Clarys, J.P. (1990). Anthropometric estimation of muscle mass in men: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22 (5), 729–733. <https://doi.org/10.1249/00005768-199010000-00027>
- McCarthy, D.A., Millis, D.L., Levine, D. & Weigel, J.P. (2018). Variables affecting thigh girth measurement and observer reliability in dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 203. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00203>
- McClintock, S.A., Hutchins, D.R. & Brownlow, M.A. (1987). Determination of weight reduction in horses in flotation tanks. *Equine Veterinary Journal*, 19 (1), 70–71. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1987.tb02586.x>
- Mendez-Angulo, J.L., Firshman, A.M., Groschen, D.M., Kieffer, P.J. & Trumble, T.N. (2014). Impact of walking surface on the range of motion of equine distal limb joints for rehabilitation purposes. *Veterinary Journal*, 199 (3), 413–418. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.12.001>
- Monk, M.L., Preston, C.A. & McGowan, C.M. (2006). Effects of early intensive post-operative physiotherapy on limb function after tibial plateau leveling osteotomy in dogs with deficiency of the cranial cruciate ligament. *American Journal of Veterinary Research*, 67 (3), 529–536. <https://doi.org/10.2460/ajvr.67.3.529>



- Nankervis, K.J., Finney, P. & Launder, L. (2016). Water depth modifies back kinematics of horses during water treadmill exercise. *Equine Veterinary Journal*, 48 (6), 732–736. <https://doi.org/10.1111/evj.12519>
- Nankervis, K.J., Launder, E.J. & Murray, R.C. (2017). The use of treadmills within the rehabilitation of horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 53, 108–115. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2017.01.010>
- Narici, M. (1999). Human skeletal muscle architecture studied in vivo by non-invasive imaging techniques: functional significance and applications. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 9 (2), 97–103. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(98\)00041-8](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(98)00041-8)
- Nicholas, J.J., Taylor, F.H., Buckingham, R.B. & Ottonello, D. (1976). Measurement of circumference of the knee with ordinary tape measure. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 35 (3), 282–284. <https://doi.org/10.1136/ard.35.3.282>
- de Oliveira, K., Soutello, R.V.G., da Fonseca, R., Costa, C., de L. Meirelles, P.R., Facchioli, D.F. & Clayton, H.M. (2015). Gymnastic training and dynamic mobilization exercises improve stride quality and increase epaxial muscle size in therapy horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 35 (11–12), 888–893. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.08.006>
- Page, M.J., Higgins, J.P.T., Clayton, G., Sterne, J.A.C., Hróbjartsson, A. & Savović, J. (2016). Empirical evidence of study design biases in randomized trials: systematic review of meta-epidemiological studies. (Scherer, R. W., ed.) *PLOS ONE*, 11 (7), e0159267. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159267>
- Petrie, A. & Watson, P. (2013). *Statistics for Veterinary and Animal Science*. 3. ed. Wiley-Blackwell.
- Purves, D. & Williams, S.M. (eds.) (2001). *Neuroscience*. 2nd ed. Sunderland, Mass: Sinauer Associates.
- Radin, E.L., Yang, K.H., Riegger, C., Kish, V.L. & O'Connor, J.J. (1991). Relationship between lower limb dynamics and knee joint pain. *Journal of Orthopaedic Research*, 9 (3), 398–405. <https://doi.org/10.1002/jor.1100090312>
- Rivero, J.-L.L., Ruz, A., Martí-Korff, S., Estepa, J.-C., Aguilera-Tejero, E., Werkman, J., Sobotta, M. & Lindner, A. (2007). Effects of intensity and duration of exercise on muscular responses to training of thoroughbred racehorses. *Journal of Applied Physiology*, 102 (5), 1871–1882. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01093.2006>
- Román, E., García-Galcerán, C., Torrades, T., Herrera, S., Marín, A., Doñate, M., Alvarado-Tapias, E., Malouf, J., Nácher, L., Serra-Grima, R., Guarner, C., Cordoba, J. & Soriano, G. (2016). Effects of an exercise programme on functional capacity, body composition and risk of falls in patients with cirrhosis: a randomized clinical trial. (Wong, V., ed.) *PLOS ONE*, 11 (3), e0151652. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151652>
- Ross, M.W. & Dyson, S.J. (eds.) (2011). *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. 2nd ed. St. Louis, Mo: Elsevier/Saunders.
- Schils, S., Carraro, U., Turner, T., Ravara, B., Gobbo, V., Kern, H., Gelbmann, L. & Pribyl, J. (2015). Functional electrical stimulation for equine muscle hypertonicity: histological changes in mitochondrial density and distribution. *Journal of Equine Veterinary Science*, 35 (11–12), 907–916. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.08.013>
- Sjaastad, Ø.V., Sand, O. & Hove, K. (2010). *Physiology of Domestic Animals*. 2. ed. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.

- Stubbs, N.C., Kaiser, L.J., Hauptman, J. & Clayton, H.M. (2011). Dynamic mobilisation exercises increase cross sectional area of *musculus multifidus*: Dynamic mobilisations increase *multifidus* size. *Equine Veterinary Journal*, 43 (5), 522–529. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00322.x>
- Weiss, L.W., Coney, H.D. & Clark, F.C. (2000). Gross measures of exercise-induced muscular hypertrophy. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 30 (3), 143–148. <https://doi.org/10.2519/jospt.2000.30.3.143>
- van Wessum, R., Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M.M. & Clayton, H.M. (1999). Electromyography in the horse in veterinary medicine and in veterinary research a review. *Veterinary Quarterly*, 21 (1), 3–7. <https://doi.org/10.1080/01652176.1999.9694983>
- Williams, J.M. (2018). Electromyography in the horse: a useful technology? *Journal of Equine Veterinary Science*, 60, 43-58.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2017.02.005>
- Zellner, A., Bockstahler, B. & Peham, C. (2017). The effects of Kinesio Taping on the trajectory of the forelimb and the muscle activity of the *Musculus brachiocephalicus* and the *Musculus extensor carpi radialis* in horses. (Rogers, C., ed.) *PLOS ONE*, 12 (11), e0186371. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186371>

# Tack

Jag vill börja med att tacka mina tre handledare Anna Bergh, Axel Wallman och Quentin Pleyers. Jag hade inte kunnat önska mig handledare som är mer kompetenta, positiva, stöttande och generösa med sin tid.

Stort tack till min examinator Elin Hernlund för bra råd, nyttig återkoppling på arbetet och ett stort engagemang.

Tack även till min mycket begåvade kurskamrat Tina Hansen för ett gott samarbete i projektet.

Slutligen, tack till Linnea Eberson som varit opponent på arbetet och som har bidragit med klarsynta kommentarer och frågor.

# Populärvetenskaplig sammanfattning

Det finns flera anledningar till att det är viktigt att kunna följa muskelutveckling hos hästar. Ur en forskningssynpunkt är det av intresse att kunna utvärdera effekten av olika tränings- och rehabiliteringsprogram på ett objektivt sätt. Om ett visst träningsprogram ska rekommenderas med motiveringen att det effektivt bygger styrka är det positivt om detta har visats i studier.

För den enskilda hästen kan det också i vissa fall vara bra att kunna följa muskelutveckling. Till exempel kan det finnas behov av rehabilitering efter en skada, vilket kan inkludera att återupprätta styrka, möjligen med särskilt fokus på vissa muskler beroende på var i kroppen skadan skedde. Ökad muskelstyrka kan också vara en förutsättning för förbättrad prestation eller för att förbygga skador. Vidare kan det vara viktigt att kunna undersöka oliksidighet i muskelansättning och följa detta.

Styrkan hos en enskild muskel hänger samman med tvärsnittarean hos samma muskel. Att mäta muskelomfång kan därför vara ett indirekt sätt att mäta muskelstyrka. Syftet med den här studien är att den ska vara ett steg mot att kunna på ett korrekt sätt säga något om styrkan hos musklerna hos en häst utifrån omfångsmätningar av hästens muskulatur. Den här studien har för avsikt att besvara flertalet frågeställningar. Repeterbarheten hos metoden utvärderas, alltså hur tillförlitligt en och samma person kan göra upprepade mätningar av ett omfång. Även reproducerbarhet studeras, vilket kan förklaras som huruvida olika personer kan utföra mätningar med samma resultat.

Detta var en så kallad experimentell studie. Med hjälp av ett måttband mätte tre testpersoner muskelomfång på elva hästar. Mätningar gjordes på både fram- och bakben. På frambenen utfördes mätningarna på en bestämd höjd mellan armbågen och framknät. På bakbenen har mätningarna gjorts ovanför respektive nedanför knäleden. Totala omfång samt semi-omfång uppmättes.

Resultaten från den här studien tyder på att om samma person gör upprepade mätningar så är det väldigt tillförlitligt för alla omfångsmått som har undersökts. Däremot om olika personer mäter samma sak så skiljer sig resultatet mer för alla omfångsmåtten. För de totala omfångsmåtten, framförallt på bakbenet är mätningar från olika personer mer lika än för övriga omfångsmått. Det ska dock noteras att många felkällor finns och att denna studie främst ska ses som ett steg mot en validerad metod för muskelomfångsmätning på häst.

# Bilaga 1 – Protokoll muskelomfångsmätning

## **Muscle study - instruction for circumference measurements**

### Front leg:

1. Place the horse with the front leg in a subjectively neutral position with the cannon bone subjectively vertical.
2. Measure the joint angle of the elbow as the angle formed by three points:
  - a. the major tuberculum,
  - b. the elbow joint space caudal to the lateral collateral ligament, and
  - c. the lateral styloid process of the radius.
3. Draw a straight line on the skin of the horse between point b. and c. in the previous step to use as reference for the long axis of radius in coming steps. Measure the length of the radius as the distance between those points.
4. At a level distal to the elbow joint space by a quartile (25%) of the measured length of the radius:
  - a. make a mark on the skin of the horse of the level perpendicular to the long axis of radius,
  - b. at this level, also make a mark on the skin of the horse for the lateral limit between extensor and flexor muscles as the line between:
    - i. the common digital extensor muscle, and
    - ii. the ulnaris lateralis muscle,
  - c. at this level, also make a mark for the medial limit between extensor and flexor muscles as the craniomedial limit of radius.
5. Measure at this level, perpendicular to the long axis of radius:
  - a. the total horizontal circumference,
  - b. the horizontal semi-circumference of the extensor muscles as the cranial distance between the two limits marked by executing step 4.b. and 4.c above, and
  - c. the horizontal semi-circumference of the flexor muscles as the caudal distance between the two limits marked by executing step 4.b. and 4.c above.

N.B: All measurements should be performed using a measurement tape with an applied tension of approximately 5 N (corresponding to a vertically hanging weight of 0.5 kg).

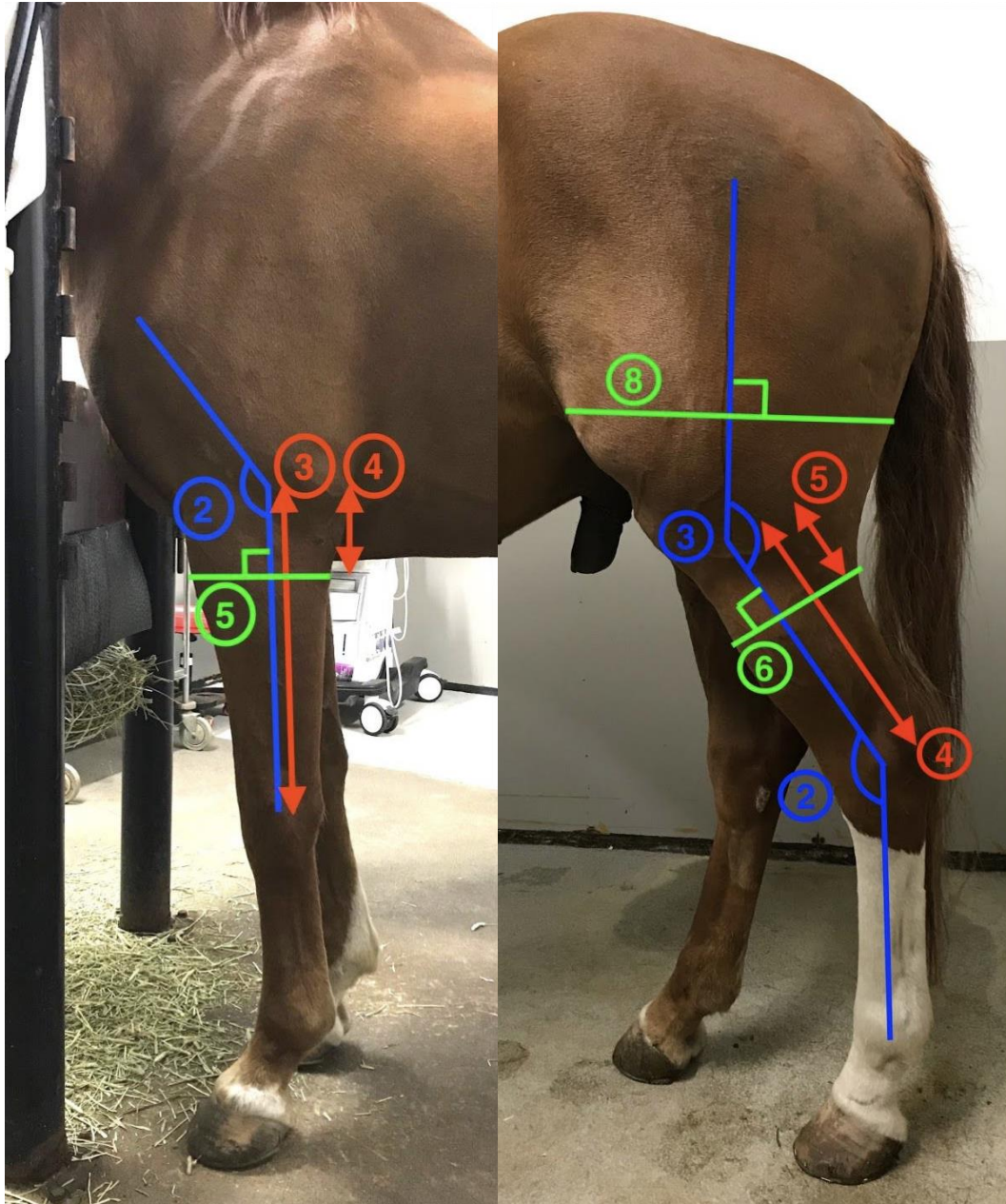
### Hind leg:

1. Place the horse with the hind leg in a subjectively neutral position with the cannon bone subjectively vertical.
2. Measure the joint angle of the hock as the angle formed by three points:
  - a. the lateral femorotibial joint space caudal to the lateral patellar ligament,

- b. the distolateral eminence of the lateral malleolus, and
  - c. the lateral metatarsal epicondyle.
- 3. Measure the joint angle of the stifle as the angle formed by three points:
  - a. the major trochanter,
  - b. the lateral femorotibial joint space caudal to the lateral patellar ligament, and
  - c. the distolateral eminence of the lateral malleolus.
- 4. Draw straight lines on the skin of the horse between the three points in the previous step to use as reference for the long axes of femur and tibia in coming steps. Measure the length of the tibia as the distance between point b. and c.
- 5. At a level distal to the lateral femorotibial joint space by a third (33%) of the measured length of the tibia:
  - a. make a mark on the skin of the horse of the level perpendicular to the long axis of tibia,
  - b. at this level, also make a mark on the skin of the horse for the lateral limit between extensor and flexor muscles as the line between:
    - i. the lateral digital extensor muscle, and
    - ii. the gastrocnemius muscle,
  - c. at this level, make a mark for the medial limit between extensor and flexor muscles as the craniomedial limit of tibia.
- 6. Measure at this level, perpendicular to the long axis of tibia:
  - a. the total circumference,
  - b. the semi-circumference of the extensor muscles as the cranial distance between the two limits marked by executing step 5.b. and 5.c above, and
  - c. the semi-circumference of the flexor muscles as the caudal distance between the two limits marked by executing step 5.b. and 5.c above.
- 7. For a plane perpendicular to the long axis of femur, tangential at the most proximal point of the patella:
  - a. make a mark on the skin of the horse of the caudal point of the thigh which is in line with the common calcaneal tendon.
- 8. Measure from the point just proximal to the base of the patella to the mark on the caudal aspect of the thigh:
  - a. the total circumference,
  - b. the lateral semi-circumference, and
  - c. the medial semi-circumference.

N.B: All measurements should be performed using a measurement tape with an applied tension of approximately 5 N (corresponding to a vertically hanging weight of 0.5 kg).

Figure B1 below illustrates a subset of the steps in the protocol for a front leg and a hind leg. The numbers included in the figure correspond to the number of the steps it is intended to provide guidance for.



*Figure B1: illustration of a subset of the steps in the protocol used for a front (left) and hind (right) leg.*

## Bilaga 2 – Bensegmentlängder och ledvinklar

Uppmätta bensegmentslängder samt ledvinklar redovisas i Tabell B2:1.

*Tabell B2:1. Uppmätta bensegment samt ledvinklar hos hästarna i studien.*

Häst nr.	Armbåge (°)	Underarm (cm)	Hasled (°)	Knä (°)	Skankben (cm)
1					
Höger	147	42	160	143	36
Vänster	146	42	160	140	36
2					
Höger	144	40	165	144	35
Vänster	145	40	160	150	35
3					
Höger	139	40	150	150	36
Vänster	139	40	150	150	36
4					
Höger	147	43	148	148	36
Vänster	150	43	155	144	36
5					
Höger	131	40	152	138	36
Vänster	128	41	151	131	36
6					
Höger	140	40	153	152	35
Vänster	140	40	153	152	35
7					
Höger	148	44	149	148	36
Vänster	148	44	160	144	36
8					
Höger	142	39	151	147	35
Vänster	140	39	151	150	35
9					
Höger	144	41	161	145	38
Vänster	145	41	161	148	38
10					
Höger	144	38	158	147	34
Vänster	143	38	159	145	34
11					
Höger	145	42	156	148	36
Vänster	145	42	156	148	36